

الهواء في تجارب

٧

السلسلة العلمية

مكتبة الطفل . مكتبة الطفل . مكتبة الطفل . مكتبة الطفل . مكتبة الطفل . مكتبة الطفل . مكتبة الطفل

في سبيل ثقافة علمية هادفة للاطفال
تصدر
دائرة ثقافة الاطفال
ثلاث سلاسل من الكتب العلمية للاطفال والاحداث

● السلسلة الاولى بعنوان (صديقتنا الطبيعة) وهي موجهة للاطفال بعمر ٧ – ٨ سنوات وصدر منها ثلاثة كتب هي :

١ – الحيوانات في الطبيعة .
٢ – النباتات في الطبيعة .
٣ – الصخور في الطبيعة .

● السلسلة الثانية بعنوان (حكايات رائد) وهي موجهة للاطفال بعمر ٩ – ١٠ سنوات وصدر منها ثلاثة كتب هي :

١ – رائد والقمر .
٢ – رائد والغذاء .
٣ – رائد والالات .

● السلسلة الثالثة بعنوان «نتعلم من التجربة» وهي موجهة للاحداث بعمر ١١ – ١٢ سنة وصدر منها ثلاثة كتب هي :

١ – الهواء في تجارب .
٢ – الماء في تجارب .
٣ – الكهرباء في تجارب .

ترقبوا صدور كتب اخرى في هذه السلاسل العلمية الثلاث .

الجمهورية العراقية – وزارة الثقافة والاعلام – دائرة ثقافة الأطفال – مكتبة الطفل

الناشر : دائرة ثقافة الأطفال . . ص . ب ١٤١٧٦ بغداد

سعر النسخة ٥٠ فلساً



نتعلم من التجربة ١

الهواء في تجارب

« مكتبة الطفل »
دائرة ثقافة الأطفال
وزارة الثقافة والاعلام
الجمهورية العراقية

السلسلة العلمية



الهواء في تجارب

تأليف: كامل أدهم الدباغ



رسوم : مجموعة من الرسامين
تصوير : عصام المحاويلي
رضا حسن





الهواء من حولنا

عندما نذهبُ إلى المطارِ للسفرِ أو لتوديعِ قريبٍ أو صديقٍ فسوفَ تُتاحُ لنا بكلِّ تأكيدٍ فرصةُ التفرجِ على الطائراتِ في هبوطِها وفي صعودِها . وسوفَ يُدهِشُكَ العددُ الكبيرُ من الرُّكابِ الذين تستطيعُ الطائرةُ حَمْلَهم مع أمتعتِهم . إضافةً إلى الوقودِ الذي تحملُهُ الطائرةُ بما يكفيها لقطعِ مسافاتٍ طويلةٍ خلالَ طيرانِها . ولا بُدَّ أنّها تحتاجُ إلى كميةٍ كبيرةٍ من الوقودِ لهذا الغرضِ . وكلُّ ذلكَ في طائرةٍ واحدةٍ ثمَّ لا تلبثُ أن ترتفعَ في الهواءِ بخفّةٍ وبسرعةٍ .

إنَّ طيرانَ الطائرةِ يُثيرُ فينا الكثيرَ من المشاعرِ تجاهَ الناسِ الذينَ تحملهم الطائرةُ الذين جئنا لنودعهم ولكنّه يثيرُ فينا أيضاً الكثيرَ من الاسئلةِ عن الطائرةِ نفسِها وعن الطريقةِ التي تطيرُ بها وعن الهواءِ الذي يحملُها . ألم نتعودْ على وصفِ الهواءِ بأنّه خفيفٌ جداً وبأنّه رقيقٌ جداً ؟ فكيفَ يستطيعُ هذا الهواءُ الخفيفُ والرقيقُ رَفْعَ مثلِ هذهِ الطائرةِ الضخمةِ بكلِّ ما فيها من ناسٍ ومتاعٍ ووقودٍ ؟ هذا سؤالٌ واحدٌ عن الهواءِ من بينِ أسئلةٍ كثيرةٍ أخرى يمكنُ أن يثيرهُ فينا مَشْهَدُ صعود الطائرة من أمامنا .

وعندما تختفي الطائرةُ وراءَ الغيومِ أو وراءَ الأُفقِ يحينُ موعدُ عودتِنا من المطارِ ولكننا سوفَ نعودُ ونحنُ نحملُ معنا كلَّ تلكَ الأسئلةِ عن الطائرةِ وعن الهواءِ من حولِنا . وقد نلجأُ إلى مَنْ هُمْ أكبرُ منّا عمراً من أهلِنا أو معارِفنا أو قد نلجأُ إلى معلّمنا لنحصلَ منهم على أجوبةٍ لبعضِ أسئلتنا . وقد نستعينُ بكتابٍ أو أكثرَ من كتابٍ لنقرأَ فيها أجوبةً لأسئلةٍ أخرى . وهذا كلُّه شيءٌ حَسَنٌ وشيءٌ جميلٌ . .

ولكنْ ما أحسنَ وما أجملَ أن نتعلَّمَ بأنفسِنا من التجربةِ . وأن نستكشفَ من التجاربِ التي نجريها بأنفسنا المبادئَ العلميةَ والحقائقَ العلميةَ التي تساعدُنا في الوصولِ إلى الأجوبةِ التي نُريدُها لتلكَ الأسئلةِ أو لبعضِها على الأقلِ .

في هذا الكتابِ سوفَ نضعُ بين يديكَ عزيزيَ القارئَ مجموعةً من التجاربِ العلميةِ العمليةِ التي نعتقدُ بأنّها سوفَ تساعدُكَ فيما تسعى إليه من أجوبةٍ لأسئلتكَ عن الهواءِ ولكنْ ليسَ لجميعِ الأسئلةِ لأنَّ المعرفةَ العلميةَ ليسَ لها حدودٌ وعليكَ أن تبحثَ بنفسِكَ وأن تبتكرَ بنفسِكَ التجربةَ التي تحتاجُها .

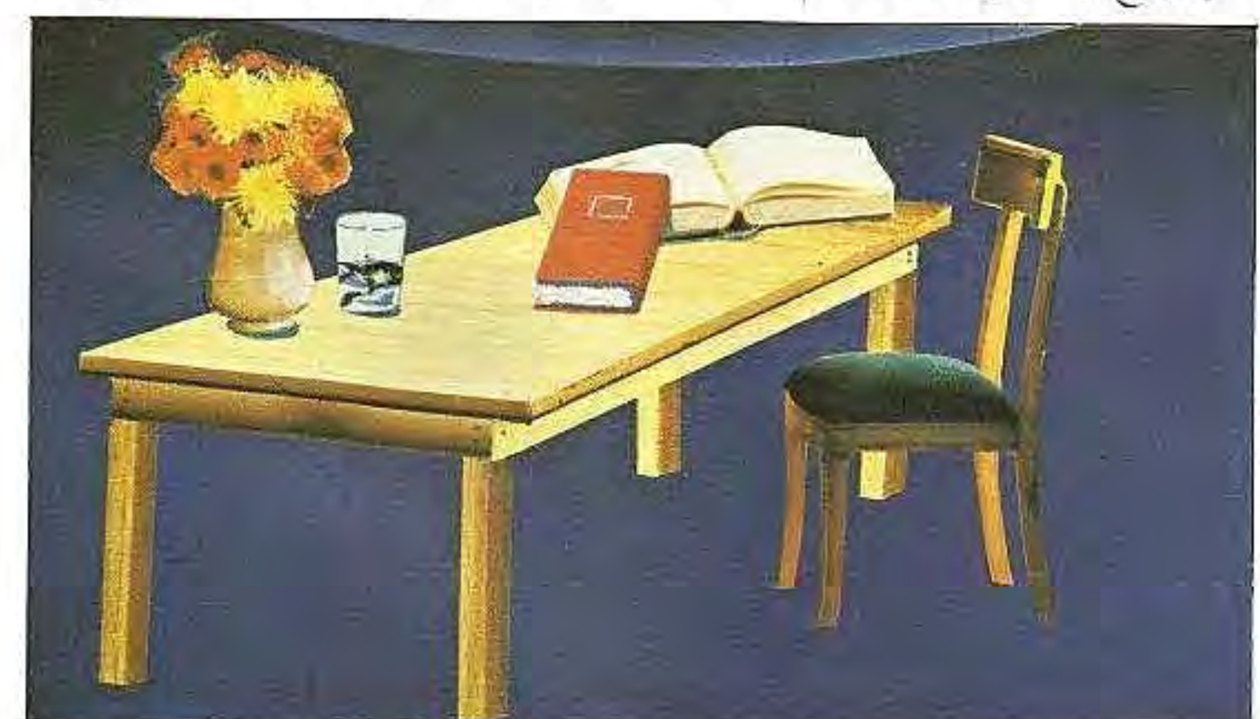
تجارب على حجم الهواء

تجربة (١)

هل الهواء له حجم ؟

جميعُ الأشياءِ التي نستعملُها في حياتنا اليوميةِ لها حجمٌ (شكل ١) . فالمنضدةُ لها حجمٌ ، والكرسيُّ له حجمٌ . والكتابُ له حجمٌ . حتى الماءُ الذي نشربُهُ له حجمٌ وهو يشغلُ جزءاً من القَدَحِ الذي يُوضعُ فيه . فهل الهواءُ له حجمٌ أيضاً ؟

يُمكنكَ التأكدُ من ذلكَ بإجراءِ التجربةِ البسيطةِ التاليةِ . لاحِظْ الصورَ جيداً ، وتابعْ إجراءَ التجربةِ . خُذْ وعاءً من الأوعيةِ الكبيرةِ والعميقةِ المتوفرةِ لديكَ في البيتِ . املأْ الوعاءَ بالماءِ إلى قُرْبِ حافتهِ العُليا ولوِّنِ الماءَ بإضافةِ بضعِ قَطَراتٍ من الحبرِ إليه . ثُمَّ خُذْ قدحاً (فارغاً) من أقداحِ الماءِ الشفافةِ الزجاجيةِ أو البلاستيكيةِ واقلبِ القدحَ فوقَ سطحِ الماءِ في الوعاءِ بحيثُ تكونُ فوهةُ القدحِ إلى



شكل (١)

أسفل . (شكل (٢ ـ أ)) إدفعِ القدحَ تدريجياً إلى أسفلَ في داخلِ الماءِ إلى أن يغطسَ تماماً . ماذا تلاحظُ الآنَ ؟ هل امتلأَ القدحُ بالماء ؟ هل بقِيت في داخلِ القدحِ منطقةٌ لم يدخلْها الماءُ ؟ ماذا يوجدُ في هذهِ المنطقةِ ؟ ألا تعتقدُ أنَّه الهواءُ ؟ ألا يَدُلُّ ذلكَ على أن الهواءَ قد أشغلَ حيِّزاً في داخلِ القدحِ أي أنَّ الهواءَ له حجمٌ أيضاً ؟ هل تعتقدُ الآنَ بأنَّ القدحَ كان (فارغاً) فعلاً ؟ أم أنَّه كانَ مملوءاً بالهواء ؟ (شكل ٢ ـ ب)

أمِلِ القدحَ الآنَ بصورةٍ تدريجيةٍ إلى أحدِ الجوانبِ وهو في داخلِ الماءِ . (شكل ٢ ـ ج) لاحِظْ فقاعاتِ الهواءِ التي بدأتْ بالخروجِ من القدحِ . لاحِظْ أيضاً بأنَّ الماءَ أخَذَ يدخلُ إلى داخلِ القدحِ ليحِلَّ مَحلَّ الهواءِ الذي يخرجُ إلى الخارجِ . استمرَّ في زيادةِ مَيَلانِ القدحِ إلى أن يخرجَ جميعُ الهواءِ . هل امتلأَ القدحُ الآنَ بالماءِ ؟ هل تأكدتَ الآنَ بأنَّ الهواءَ مثلُ جميعِ الأشياءِ الأخرى له حجمٌ أيضاً ؟

لا بدَّ أنَّكَ لاحظْتَ من هذهِ التجربةِ بأنَّ حجمَ الهواءِ ليسَ ثابتاً فكيفَ يتغيرُ حجمُ الهواءِ ؟ لمعرفةِ ذلكَ تابعْ إجراءَ التجربتينِ التاليتينِ :

شكل (٢ ـ أ)

شكل (٢ ـ ب)



شكل (٢ ـ ج)

تجربة (٢)

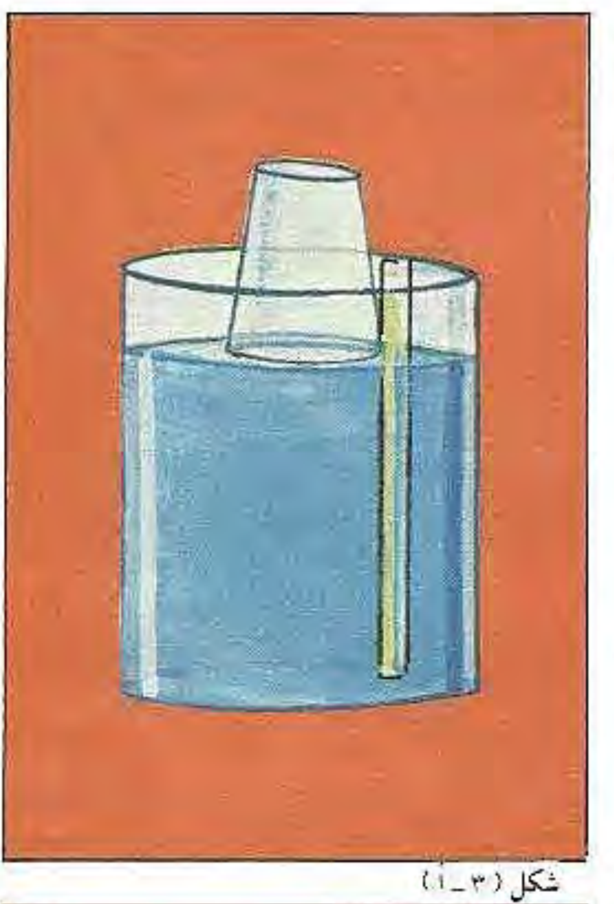
هل يتغيّر حجم الهواء بتغيّر ضغطه ؟

لاجراءِ هذهِ التجربةِ يمكنُكَ استعمالُ نفسِ الأدواتِ التي استعملتَها في التجربةِ السابقةِ (التجربة الأولى) المكونةِ من وعاءٍ كبيرٍ وعميقٍ مملوءٍ بالماءِ الملوّنِ وقدحِ ماءٍ (فارغ) شفّافٍ من الأقداحِ الزجاجيةِ أو البلاستيكيةِ لاحِظْ الصورَ وتابعْ إجراءَ التجربةِ .

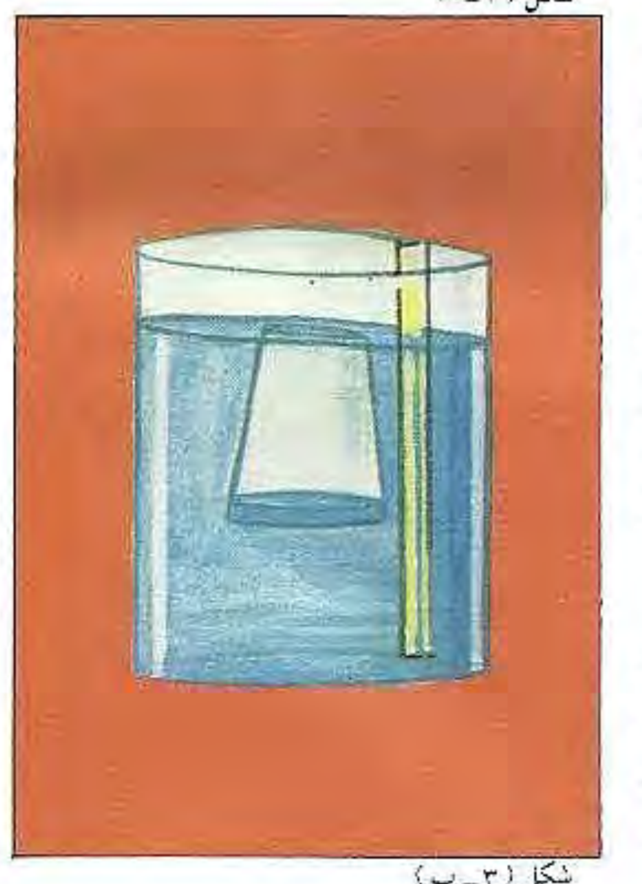
إقلبِ القدحَ فوقَ سطحِ الماءِ بحيثُ تكونُ فوهتُهُ إلى أسفلَ وملامسةً لسطحِ الماءِ . (شكل ٣ ـ أ) إنَّ حجمَ الهواءِ الموجودِ داخلَ القدحِ في هذهِ الحالةِ يكونُ مساوياً لسعَةِ القدحِ . أي مساوياً للحجمِ الداخليِّ للقدحِ .

إدفعِ القدحَ إلى أسفلَ في داخلِ الماءِ إلى أن ينغمرَ تماماً في الماءِ . لاحِظْ كيفَ نقصَ حجمُ الهواءِ داخلَ القدحِ بحيثُ أصبحَ يشغلُ جزءاً من القدحِ . استعملْ مسطرةً لقياسِ فَرْقِ مستوى الماءِ داخلَ القدحِ عن مستواهُ الأعلى في الوعاءِ . (شكل ٣ ـ ب) . لاحِظْ أيضاً بأنكَ تحتاجُ إلى قوّةٍ لدَفْعِ القدحِ داخلَ الماءِ .

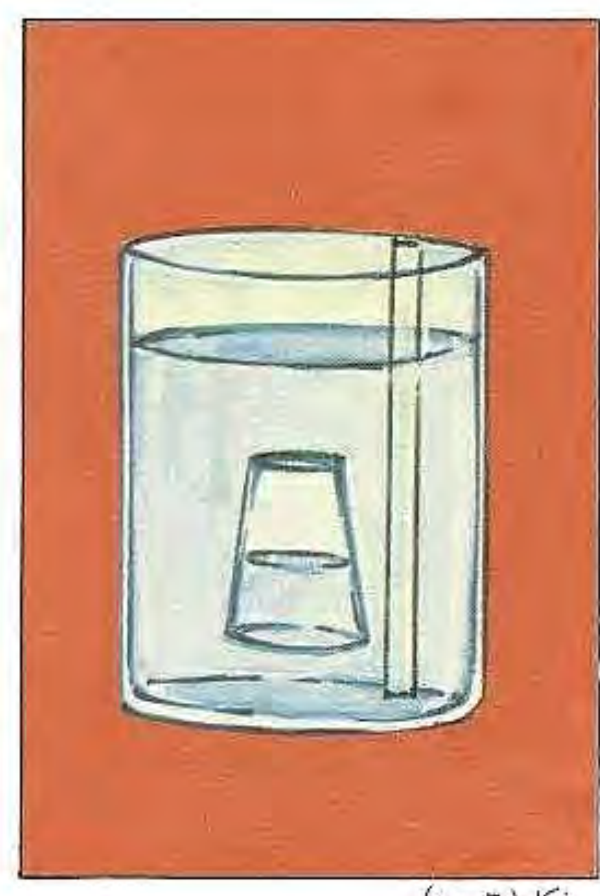
استمرَّ في دَفْعِ القدحِ إلى أسفلَ إلى عمقٍ أكبرَ ولاحِظْ كيفَ تناقصَ حجمُ الهواءِ داخلَ القدحِ . استعملِ المسطرةَ لقياسِ فرقِ مستوى سطحِ الماءِ داخلَ القدحِ عن مستواه في الوعاءِ (شكل ٣ ـ ج) .



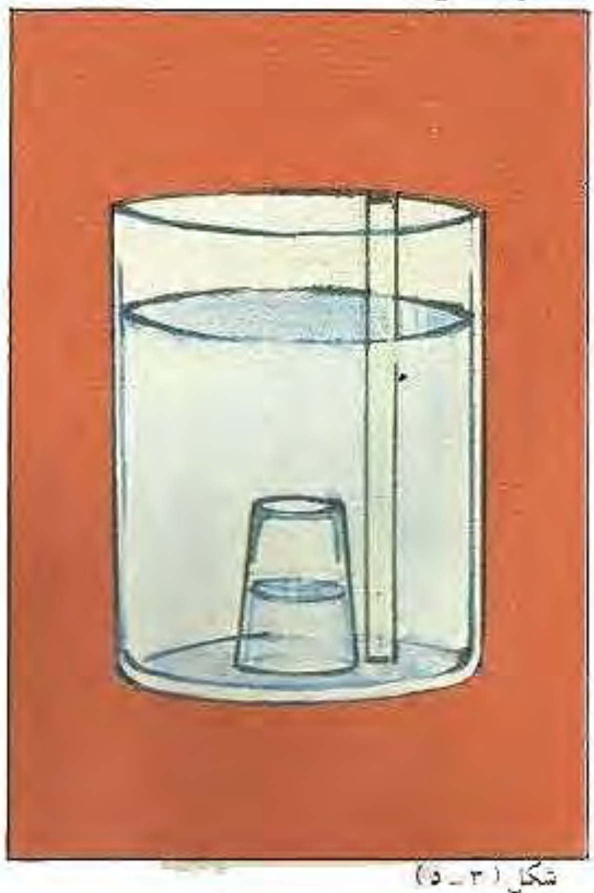
شكل (٣ ـ أ)



شكل (٣ ـ ب)



شكل (٣ ـ ج)



شكل (٣ ـ د)

ادفعِ القدحَ مسافةً أخرى إلى أسفلَ وتأكدْ بأنَّ حجمَ الهواءِ قد تناقصَ مرة أخرى في حين أنَّ العمقَ (شكل ٣ ـ د) قد زادَ . إن زيادةَ عمقِ الماءِ معناه زيادةُ ضغطِ الماء . ومعنى ذلك أنَّ الضغطَ الذي يُسلِّطُهُ الماءُ على الهواءِ المحصورِ داخلَ القدحِ يزدادُ بزيادةِ العمقِ . هل تعتقدُ الآنَ بأنَّ حجمَ الهواءِ داخلَ القدحِ كانَ يتناقصُ بسببِ زيادةِ الضَّغْطِ المسلَّطِ عليه ؟

إرفعِ الآنَ القدحَ إلى أعلى بصورةٍ تدريجيةٍ ولاحِظْ كيفَ أنَّ حَجْمَ الهواءِ داخلَ القدحِ سوفَ يزدادُ بصورةٍ تدريجيةٍ كلَّما قلَّ العمقُ أي كلَّما قلَّ الضغطُ الذي يُسلِّطُهُ الماءُ على الهواءِ .

هل عَرفْتَ الآنَ كيفَ يتغيّرُ حجمُ الهواءِ بتغيُّرِ ضغطِهِ ؟ هل يقلُّ حجمُ الهواءِ بزيادةِ ضغطِهِ ويزدادُ حجمُ الهواءِ بنقصانِ ضغطِه ؟ لاحِظْ أيضاً بأنَّ درجةَ حرارةِ الهواءِ كانت ثابتةً خلالَ هذهِ التجربةِ . فماذا يحدثُ لحجمِ الهواءِ عندما تتغيرُ درجةُ حرارتِهِ ؟ لمعرفةِ ذلكَ حاولْ إجراءَ التجربة التالية :

تجربة (٣)
هل يتغيرُ حجمُ الهواء بتغيّر درجةِ حرارته ؟

من التجربة السابقةِ عرفْنا كيفَ يتغيّر حَجْمُ الهواءِ بتغيّر ضغطِهِ . في هذه التجربةِ سوفَ نحاولُ معرفةَ تأثيرِ التغيّرِ في درجةِ حرارةِ الهواءِ على حجمِ الهواءِ . لاحِظِ الصورَ بصورةٍ جيّدةٍ وتابعْ إجراءَ التجربةِ .

خُذْ قنينةً زجاجيةً متوسطةَ الحجمِ من القناني المتوفرةِ لديكَ في البيتِ . وثبّتْ فوقَ فوهتِها منطاداً مطاطياً صغيراً (نفّاخة) غير مملوءٍ بالهواءِ . (شكل ٤ ـ أ) استعملْ خيطاً لاحكامِ تثبيتِ رقبةِ المنطادِ حولَ فوهةِ القنينة .



شكل (٤ ـ أ)

ضعِ القنينةَ في وعاءٍ فيه ماءٌ ساخنٌ . (شكل ٤ ـ ب) لاحظْ ما يحدثُ للمنطادِ المطاطي . هل يأخذُ المنطادُ بالانتفاخِ ؟ يمكن إضافةُ ماءٍ مغليّ إلى الوعاءِ للاسراعِ في انتفاخِ المنطادِ . من أينَ جاءَ الهواءُ الذي ملأَ المنطاد ؟ هل تعتقدُ بأنّه جاء من هواءِ القنينة ! ألا يدلُّ ذلك على أن هواءَ القنينةِ قد تمدّدَ بالتسخين وزادَ حجمُهُ ؟ إرفعِ القنينةَ من الوعاء وضعْها على المنضدةِ وانتظرْ فترةً من الزمن إلى أن تبردَ إلى درجةِ حرارة الغرفةِ . لاحِظْ ما يحدثُ الآنَ . هل تفرّغَ المنطادُ المطاطيُّ من الهواءِ ؟ أينَ ذهبَ الهواءُ الذي كانَ في المنطادِ ؟ هل تعتقدُ أنّه عادَ إلى داخلِ القنينة ؟



شكل (٤ ـ ب)



شكل (٤ ـ ج)

ألا يَدُلُّ ذلكَ على أنَّ هواءَ القنينة قد تقلّصَ بالتبريدِ وقلَّ حجمُهُ ؟ (شكل ٤ ـ ج)

هل عَرِفْتَ الآنَ كيفَ يتغيّرُ حجمُ الهواءِ بتغيّرِ درجة حرارتِهِ ؟ هل تَدُلُّكَ هذهِ التجربةُ بأنَّ حجمَ الهواءِ يزدادُ بارتفاعِ درجةِ حرارته وأن حجمَ الهواءِ ينقصُ بانخفاضِ درجةِ حرارتِهِ ؟

تجارب
على كتلة الهواء

تجربة (٤)

هل الهواء له كتلة ؟

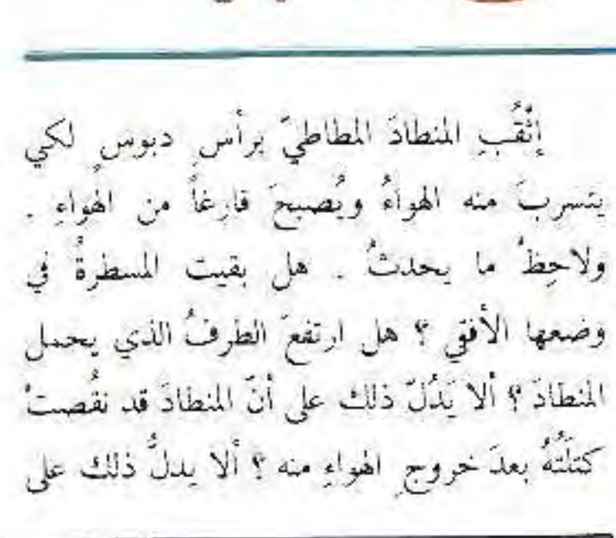
عرفنا من التجارب السابقة بأنّ الهواء مثل جميع الأجسام المختلفة التي نستعملها في حياتنا اليومية له حجمٌ، وعرفنا أيضاً كيف يتغيّر حجم الهواءِ سواءٌ بتغيّر ضغطه أو بتغير درجة حرارته . ولكننا نعلمُ بأنّ الأجسامَ المختلفةَ لها كتلةٌ أيضاً وبإمكاننا قياس كتلةِ هذه الأجسامِ بواسطةِ الميزانِ . فهل الهواءُ له كتلةٌ أيضاً ؟ وكيف يمكننا قياسُ كتلةِ الهواءِ ؟ لمعرفةِ ذلكَ حاولْ إجراءَ التجربةِ التاليةِ . لاحظِ الصورَ وتابعْ إجراءَ التجربةِ .

خُذْ مسطرةً أو أيّةَ عصا خشبيةٍ منتظمةٍ ذاتِ طولٍ مناسبٍ وعلقْها من منتصفِها بحاملٍ بواسطةِ خيطٍ لتصبحَ بمثابةِ ذراعِ ميزانٍ .

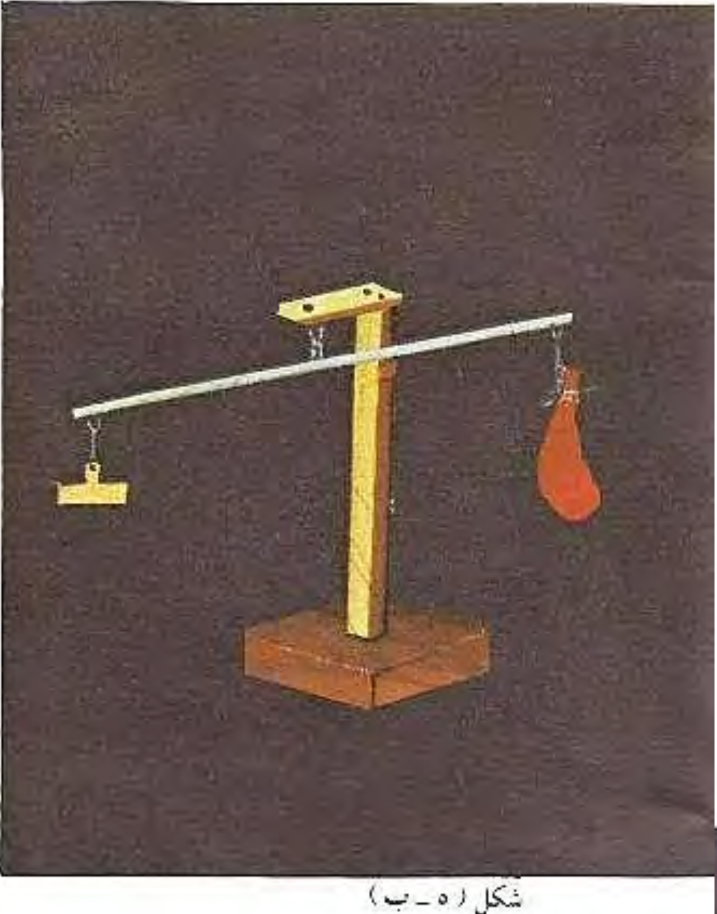
علّقْ بأحدِ طرفي المسطرةِ منطاداً مطاطياً مرناً ومنفوخاً بالهواء . وعلّقْ من الطرفِ الثاني للمسطرةِ أثقالاً تعادِلُ المنطادَ بحيثُ تتوازنُ المسطرةُ في وضعٍ أفقيّ . (شكل ٥ ـ أ) .



شكل (٥ ـ أ)



إثقُبِ المنطادَ المطاطيّ برأسِ دبوسٍ لكي يتسربَ منه الهواءُ ويُصبحَ فارغاً من الهواءِ . ولاحِظْ ما يحدثُ . هل بقيت المسطرةُ في وضعها الأفقي ؟ هل ارتفعَ الطرفُ الذي يحمل المنطادَ ؟ ألا يَدُلّ ذلك على أنّ المنطادَ قد نقُصتْ كتلتُهُ بعدَ خروجِ الهواءِ منه ؟ ألا يدلُّ ذلك على

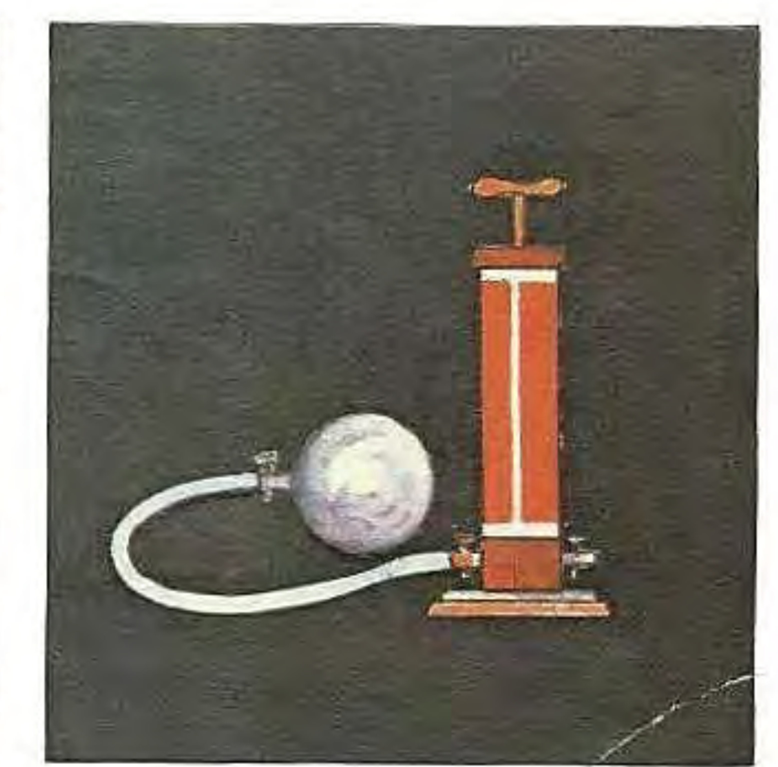


شكل (٥ ـ ب)

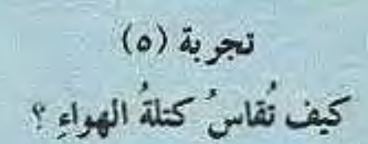
شكل (٥ ـ ج)

أن الهواءَ له كتلةٌ ؟ (شكل ٥ ـ ب) .

ولكنْ ما مقدارُ كتلةِ الهواءِ الذي كانَ في المنطادِ . لمعرفةِ ذلكَ يمكنكَ تعليقُ أثقالٍ في نفسِ الطرفِ من المسطرةِ الذي يحملُ المنطادَ الفارغَ بحيثُ تعودُ المسطرةُ إلى التعادُلِ في وضعها الأفقيّ . (شكل ٥ ـ ج) وهذه الأثقالُ تُمثّلُ كتلةَ الهواءِ الذي كانَ في المنطادِ . إلا أنّ حسابَ كتلةِ الهواءِ بهذه الطريقةِ ليسَ دقيقاً ولقياسِ كتلةِ الهواءِ بصورةٍ أدقّ حاولْ إجراءَ التجربةِ التاليةِ :



شكل (٦ ـ أ)





شكل (٦ ـ ب)

لإجراءِ هذهِ التجربةِ تحتاجُ إلى مُفَرّغةِ هواءٍ يدويةٍ أو كهربائيةٍ وميزانٍ دقيقٍ وتحتاجُ أيضاً إلى وعاءٍ زجاجيٍّ أو معدنيٍّ له سدّادٌ ذو صنبورٍ مُحكَم . إنّ هذه الأدواتِ قد لا تكونُ متوفرةً لديكَ في البيتِ ولكنكَ تستطيعُ الحصولَ عليها من السوقِ أو بمساعدةِ أصدقائكَ أو مدرستِكَ . لاحِظْ الصورَ وتابعْ إجراءَ التجربة :

صِلِ الوعاءَ الزجاجيَّ أو المعدنيَّ بعدَ فتحِ الصنبورِ الموجودِ في سدّادهِ بمفرغةِ الهواءِ بواسطةِ أنبوبِ التوصيلِ المطاطيِّ . (شكل ٦ ـ أ) شغّلْ مفرغةَ الهواءِ لفترةٍ كافيةٍ من الزمنِ لتفريغِ الهواءِ الموجودِ داخلَ الوعاءِ .



شكل (٦ ـ ج)

أغلقْ صنبورَ الوعاءِ وافصلِ الوعاءَ عن أنبوبِ التوصيلِ . وضعِ الوعاءَ وهو مغلقٌ في إحدى كفتي الميزانِ وَضَعْ فوقَ الكفّةِ الأخرى أثقالاً كافيةً لكي تتعادلَ كفتا الميزانِ . (شكل ٦ ـ ب) هذه الأثقالُ تُمثلُ كتلةَ الوعاءِ وهو مُفَرّغٌ من الهواءِ .

افتحْ صنبورَ الوعاءِ لكي يَدخُلَ الهواءُ ويملأَ الوعاءَ وبما أنّ الهواءَ له كتلةٌ كما عرفنا من التجربةِ السابقةِ فإنّ كفّةَ الميزانِ التي فيها الوعاءُ سوفَ ترجحُ وتنزلُ إلى أسفل . (شكل ٦ ـ ج) .

ضعْ أثقالاً إضافيةً في الكفةِ الأخرى للميزانِ



شكل (٦ ـ د)

لكي يَعودَ الميزانُ إلى حالةِ التعادلِ مرّةً أخرى . (شكل ٦ ـ د) هذه الأثقالُ الاضافيةُ تمثلُ كتلةَ الهواءِ الذي دخلَ إلى الوعاءِ . أي تساوي كتلةَ الهواءِ الذي ملأَ الوعاءَ .

لاحِظْ أنّ كميةَ الهواءِ التي ستدخُلُ إلى داخلِ الوعاءِ عندَ فتحِ الصنبورِ سوفَ تعتمدُ على ضغطِ الهواءِ ودرجةِ حرارةِ الهواءِ عندَ إجراءِ التجربةِ . وعليه فإن كتلةَ الهواءِ التي تحصلُ عليها من التجربةِ تمثلُ كتلةَ الهواءِ الذي يملأُ الوعاءَ في الظروفِ الجوّيةِ السائدةِ أثناءَ إجراءِ التجربةِ من حيثُ الضغطُ ودرجةُ الحرارةِ . ويمكنكَ التأكُّدُ من ذلكَ بإعادةِ التجربةِ في أوقاتٍ مختلفةٍ وفي ظروفٍ جويةٍ مُختلفةٍ .

تجربة (٦)
ما هي كثافةُ الهواءِ ؟

اتضحَ لنا من التجاربِ السابقةِ بأنّ الهواءَ له حجْمٌ وبأن الهواءَ له كتلةٌ وعليه فالهواءُ له كثافةٌ أيضاً . ويُقصَدُ بكثافةِ المادّةِ كتلةُ وحدةِ الحجومِ من تلكَ المادّةِ . فما هي كثافةُ الهواءِ ؟ ما مقدارُ كثافةِ الهواءِ ؟ باستطاعتك معرفةَ ذلك من خلال الاستفادةِ من نتائجِ التجربةِ (٥) السابقة حيث توصلت في تلك التجربة إلى حساب كتلة الهواء الـذي يمـلأ الوعاء المستعمل في التجربة . وكلُّ ما تحتاجُهُ الآنَ هو معرفةُ حجْمِ ذلكَ الوعاءِ . وإذا لم يكن حجمُ الوعاءِ معروفاً فإن بإمكانك إيجادَ حجمه بطريقةٍ بسيطة وذلكَ بملء الوعاء بالماءِ ثم تفريغِ الماءِ في اسطوانةٍ مدرّجةٍ وقياسِ حجمِ الماءِ في التدريجات المدوّنةِ على الأسطوانةِ (شكل ٧) . وبذلكَ يمكنكَ معرفةُ حجمِ الوعاءِ وبالتالي حجمُ الهواءِ الذي يملأ الوعاءَ .

وبإمكانِكَ الآنَ حسابَ كثافةِ الهواءِ من المعادلةِ البسيطةِ الآتية :

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

$$\therefore \text{كثافة الهواء} = \frac{\text{كتلة الهواء}}{\text{حجم الهواء}}$$

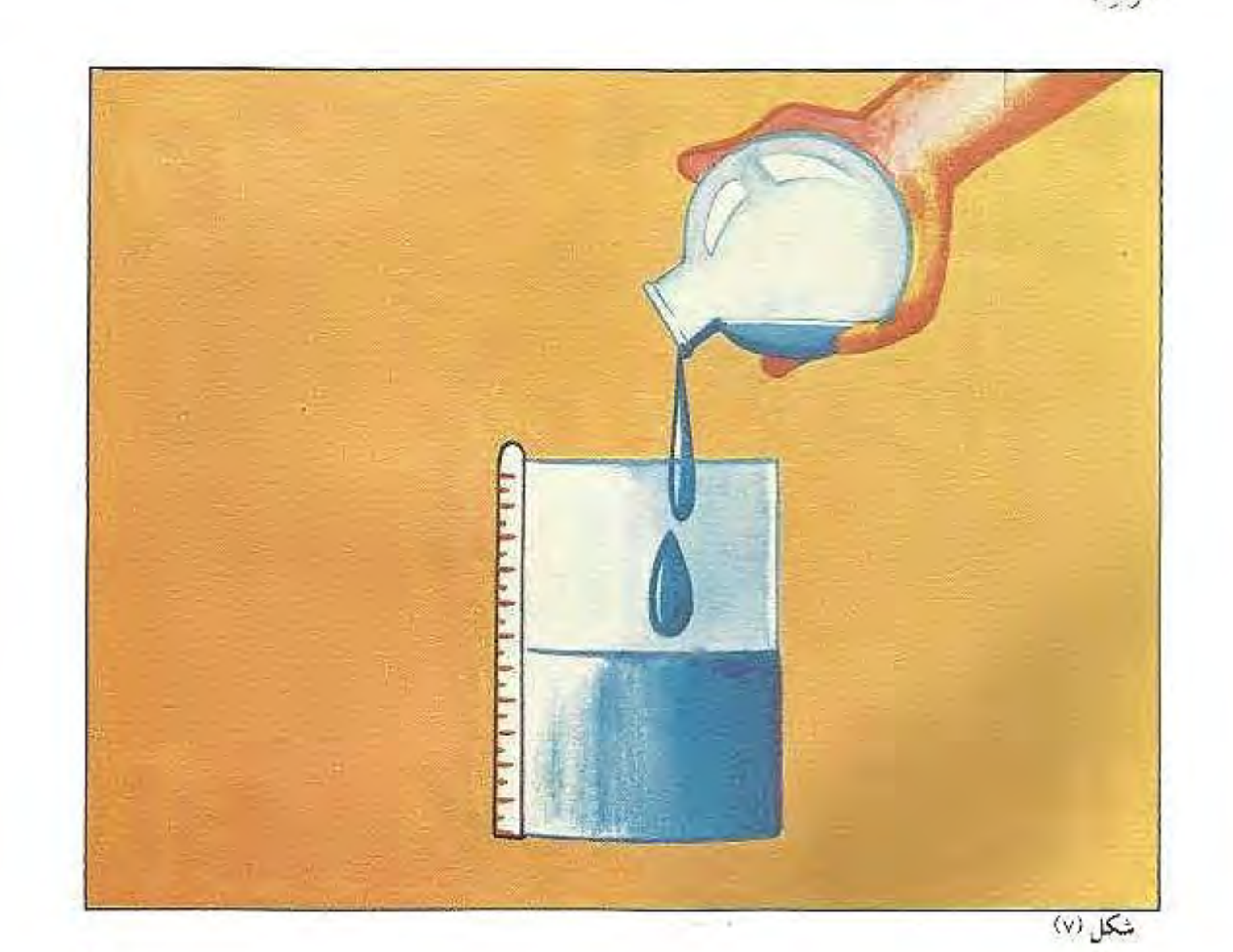
وإذا كانت أجهزتُك على درجةٍ كافيةٍ من الدقةِ وإذا كانت قياساتُك دقيقةً فإنّ كثافةَ الهواءِ التي سوفَ تحصلُ عليها من التجربة ستكونُ قريبةً من ١,٢٩ كيلوغراماً لكلِّ مترٍ مكعبٍ من الهواءِ .

وتعتمدُ النتيجةُ على الظروفِ الجوّيةِ أثناءَ التجربةِ من حيث الضغطُ ودرجةُ الحرارة .

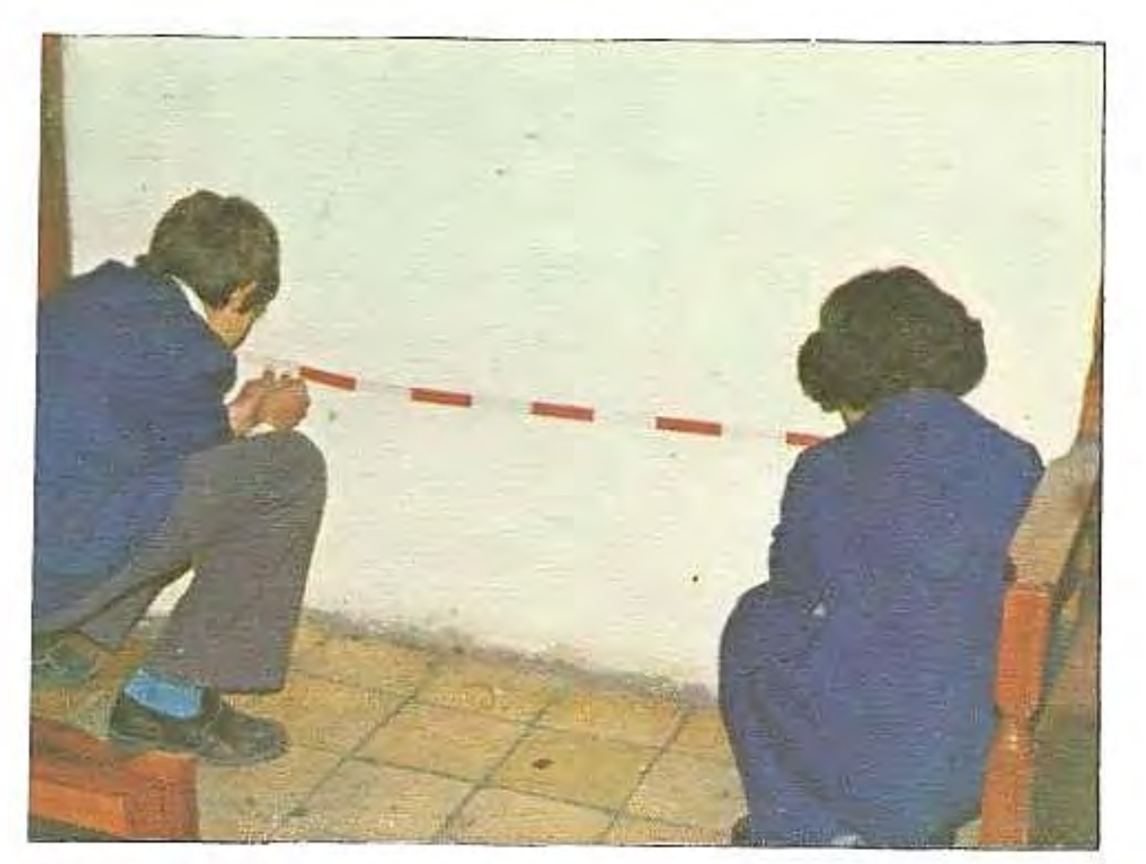
إنّ كثافةَ الهواءِ المشارَ إليها تُمثّلُ كثافةَ الهواءِ عند مستوى سطحِ البحر وعندما تكونُ درجةُ حرارةِ الهواءِ صفراً مئوياً . وتقلُّ كثافةُ الهواءِ كلّما ارتفعنا عن مستوى سطحِ البحر . كذلك تقلُّ كثافةُ الهواءِ بارتفاعِ درجةِ حرارةِ الهواءِ .

هل تعتقدُ أنّ كثافةَ الهواءِ عندَ قِممِ الجبالِ تكونُ أقلّ من كثافتِهِ عندَ سفوحِ الجبالِ ؟ أو عند مستوى سطح البحر ؟

وهل تعتقدُ بأنّ كثافةَ الهواءِ عندَ اشتدادِ الحرّ ظهراً تكون أقلّ من كثافتِهِ في الصباحِ وفي الليلَ ؟



شكل (٧)





هَل الهَواء خَفيف جدّاً ؟

لو أنّ الغرفةَ التي أجريتَ فيها تجربةَ كثافةِ الهواءِ كانت غرفةً متوسطةَ الحجمِ طولُها ٥ أمتار وعرضها ٤ أمتارٍ وارتفاعُها ٣ أمتارٍ (معظم الغرف في بيوتنا هي بهذا الحجم) فإنّ بإمكانِك حسابُ حجمِ الهواءِ الموجودِ داخلَ الغرفةِ كما يأتي :

الحجمُ = الطولُ × العَرْض × الارتفاع

حجمُ الهواءِ = ٥ × ٤ × ٣ = ٦٠ متراً مكعباً .

وإذا كانتْ كثافةُ الهواءِ التي توصلتَ إليها من التجربة كانت ١,٢٥ كيلو غراماً لكلِ مترٍ مكعبٍ فيمكنك حسابُ كتلةِ الهواءِ الموجودِ في الغرفة كما يأتي :

الكتلة = الكثافة × الحجم .

∴ كتلة الهواء = ١,٢٥ × ٦٠ = ٧٥ كيلو غراماً .

فهل تعتقدُ الآنَ بأنّ الهواء فعلاً خفيفٌ جداً ؟

وإذا علمْتَ بأنّ كتلةَ رغيفِ الخبزِ الذي تشتريه من السوقِ هي ١٢٥ غراماً فهل تستطيعُ حسابَ عددِ أرغفةِ الخبزِ التي مجموعُ كتلتِها تساوي كتلةَ الهواءِ في الغرفةِ ؟ حسناً لنحاولْ ذلك معاً :

$$\text{عددُ أرغفةِ الخبز} = \frac{\text{كتلة الهواء في الغرفة}}{\text{كتلة الرغيف الواحد}} = \frac{\text{٧٥} \times \text{١٠٠٠}}{\text{١٢٥}} = \text{٦٠٠ رغيف .}$$

أي أن كتلةَ الهواءِ في الغرفةِ تعادلُ كتلةَ ٦٠٠ رغيفَ خبزٍ .

هل ما زلْتَ تعتقدُ بأنّ الهواء خفيفٌ جداً ! ؟

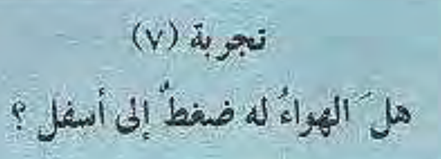
تجارب على ضغط الهواء

الكتابُ الموضوعُ فوقَ سطحِ المنضدةِ يُسلّطُ ضغطاً على سطحِ المنضدةِ وذلكَ بسببِ ثِقَلِهِ . ويُقْصَدُ بالضغْطِ مقدارُ القوّةِ المُسلّطةِ على وحدةِ المساحةِ من السطحِ .

كذلكَ فإنّ الماءَ الموضوعَ في وعاءٍ يُسلّطُ ضغطاً على قعرِ الوعاءِ وذلكَ بسببِ ثِقَلِ الماءِ . (شكل ٩) .

وهكذا فجميعُ الأشياءِ التي نستعملُها تُسلّطُ ضغطاً على السطوحِ التي توضعُ فوقَها . فهل الهواءُ له ضغطٌ أيضاً ؟ هل يُسلّطُ الهواءُ ضغطاً على السطوحِ الملامسةِ له ؟

التجاربُ الآتيةُ تُوضحُ لكَ هل أنّ الهواءَ له ضغطٌ إلى أسفل ؟ وهل أنّ الهواءَ له ضغطٌ في الاتجاهاتِ الأخرى ؟ لاحِظْ الصُورَ وتابعْ إجراءَ هذهِ التجاربِ .


تجربة (٧)

هلَ الهواءُ له ضغطٌ إلى أسفل ؟


شكل (٩)

خُذْ أنبوبةً زجاجيةً رفيعةً طولُها حوالي ١٥ سم ، ثبّتْ عندَ أحدِ طَرَفيها كرةً مطاطيةً من فتحةٍ في جدارِ الكرةِ . ثبّتِ الأنبوبةَ بفتحةِ الكرةِ جيّداً . أدخلِ الطرفَ الآخرَ للأنبوبةِ في حوضِ ماءٍ بحيثُ تكونُ الأنبوبةُ في وضعٍ شاقوليّ . اضغطْ على الكرةِ برفقٍ بحيثُ تخرجُ كميةٌ من الفقاعاتِ الهوائيةِ من الطَرَفِ الثاني للأنبوبةِ . ثم اتركِ الكرةَ لكي تستعيدَ شكلَها الأصليّ (تنتفخ ثانيةً) وشاهدْ ما


شكل (١٠)

شكل (١١)

يحدث للماءِ في داخلِ الأنبوبةِ . (شكل ١٠)

هل ارتفعَ الماءُ داخلَ الأنبوبةِ فوقَ مستواه في الحوضِ ؟ ما هو سببُ ارتفاعِ الماءِ ؟ هل تعتقدُ بأنّ ضغطَ الهواءِ المُسلّط على سطحِ الماءِ في الحوضِ هو الذي دفعَ الماءَ داخلَ الأنبوبةِ ؟ ألا يَدُلُّ ذلكَ على أنّ الهواءَ له ضغْطٌ إلى أسفل ؟

لاحِظْ في هذهِ التجربةِ أنّ الضغطَ على الكرةِ المطاطيةِ وخروجَ كميةٍ من الفقاعاتِ الهوائيةِ من داخلِها قد أدى إلى تقليلِ ضَغْطِ الهواءِ داخلَ الكرةِ وبذلكَ أصبحَ ضغطُ الهواءِ في الخارجِ أعلى من ضغطِ الهواءِ في الداخلِ .

ويمكنُكَ لإجراءِ هذهِ التجربةِ الاستغناءُ عن الكرةِ المطاطيةِ والاستعاضةِ عنها بمصِّ كميةٍ من الهواءِ من الأنبوبةِ بواسطةِ الفمِ . (شكل ١١) إنّ مصّ كميةٍ من الهواءِ سوفَ يؤدي إلى تقليلِ الضَغْطِ داخلَ الأنبوبةِ وبذلكَ يصبحُ ضغطُ الهواءِ الخارجيّ المُسلّطُ على سطحِ الحوضِ أعلى من ضغطِ الهواءِ داخلَ الأنبوبةِ فيرتفعُ عمودٌ من الماءِ داخلَ الأنبوبةِ .

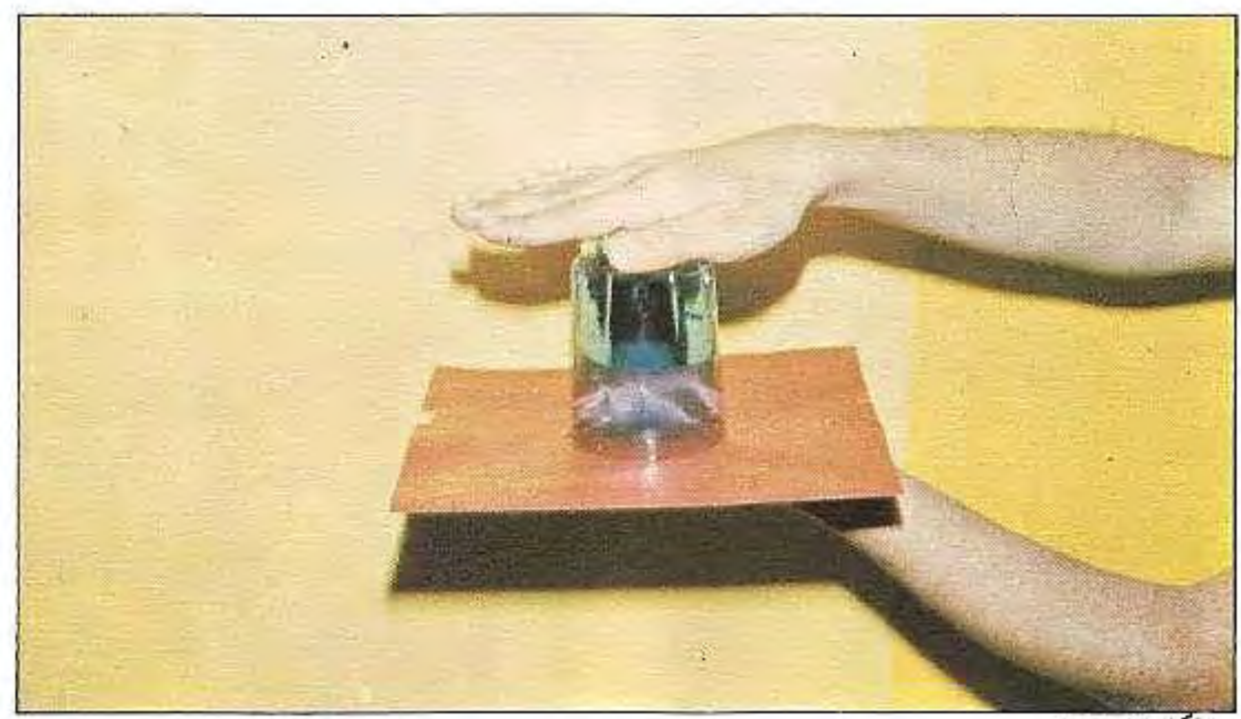
تجربة (٨)
هل الهواء يسلّط ضغطاً إلى أعلى ؟

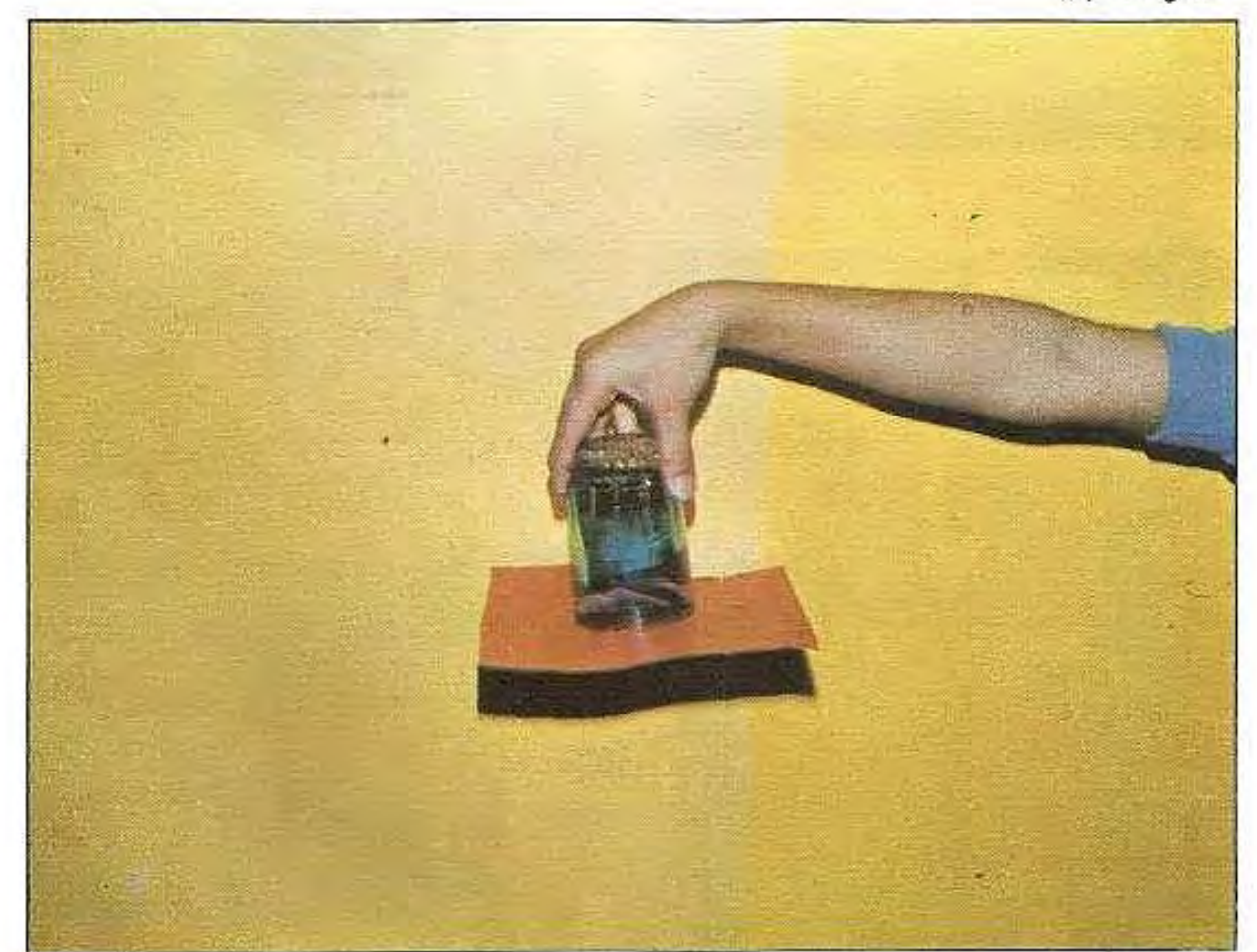
التجربةُ السابقةُ أوضحتْ لكَ بأنّ الهواء يُسلطُ ضغطاً من أعلى إلى أسفل والتجربةُ الآتية توضحُ لكَ هل أنَّ الهواء له ضغطٌ من أسفل إلى أعلى . لاحِظِ الصورَ وتابعْ إجراءَ التجربة :

خُذْ قدحَ ماءٍ واملأه بالماءِ ثم ضَعْ قِطعةً من الورقِ السميكِ فوقَ فوهةِ القدحِ . (شكل ١٢ ـ أ) إضغطْ على قطعةِ الورقِ بكفِّ يدِكَ .

ثم اقلبْ القدَحَ بينما تكونُ ما تزال ضاغطاً على قطعةِ الورقِ بيدكَ والآنَ ارفعْ يدَكَ عن قطعةِ الورق . (شكل ١٢ ـ ب) ولاحِظْ ما يحدثُ . هل تسقطُ قطعةُ الورقِ وينسكبُ الماءُ ؟ أم تبقى قطعةُ الورق في مكانِها ؟ كيف تفسرُ عدمَ سقوطِ الورقةِ وعدمَ انسكابِ الماءِ ؟ هل تعتقدُ أنّ الهواء يُسلِّطُ ضغطاً على الورقةِ ويمنعها من السقوط ؟ ألا يدلُّ ذلكَ على أنَّ الهواء يُسلطُ ضغطاً من أسفلَ إلى أعلى ؟ (شكل ١٢ ـ ج)


شكل (١٢ ـ أ)


شكل ١٢ ـ ب)


شكل (١٢ ـ ج)

تجربة (٩)
هلَ الهواءُ يُسلِّطُ ضغطاً بصورةٍ جانبية ؟

خُذْ علبةً معدنيةً صغيرةً من الصفيح مفتوحةً من أعلاها . (شكل ١٣ ـ أ) تأكدْ بأنَّ بإمكانكَ غَلْقَ فوهتِها بصورةٍ محكمةٍ براحةِ يدِكَ . أثقُبِ العلبةَ من جدارِها الجانبي وبالقربِ من قاعدتِها بواسطةِ مسمارٍ عدّةَ ثقوبٍ من جهاتٍ مختلفةٍ . إملأْ العلبةَ بالماءِ ،ولاحِظْ أنَّ الماءَ سوفَ يتدفّقُ من جميعِ الثُّقوبِ الموجودةِ في العلبةِ ومن جميعِ الاتجاهاتِ . (شكل ١٣ ـ ب) .

والآن ضعْ راحةَ يدِكَ فوقَ فوهةِ العلبةِ واغلِقْها بإحكامٍ . (شكل ١٣ ـ ج) فماذا يحدثُ ؟ هل توقفَ الماءُ عن التدفّقِ من جميعِ الثقوبِ ؟ بماذا تُفسِّرُ توقفَ الماءِ عن التدفّقِ ؟ هل تعتقد أنَّ ضغطَ الهواءِ المُسلَّطِ من الخارجِ على الثقوبِ هو الذي منعَ الماءَ من التدفّقِ ؟ ألا يدُلُّ ذلكَ على أن للهواءِ ضغطاً يُسلِّطُهُ بصورةٍ جانبيةٍ أيضاً ؟ وبما أنَّ الثقوبَ موزعةٌ على كافةِ الاتجاهاتِ الجانبيةِ ألا يَدُلُّ ذلكَ على أنَّ للهواءِ ضغطاً جانبياً في جميعِ الاتجاهاتِ ؟ إرفعْ يدكَ الآنَ عن فوهةِ العلبةِ ولاحِظْ كيفَ أنَّ الماءَ سوفَ يأخذُ بالتدفّقِ من جديدٍ من الثقوبِ . (شكل ١٣ ـ د)



شكل ـ ١٣ أ)



شكل (١٣ ـ ب)



شكل (١٣ ـ ج)

شكل (١٣ ـ د)

تجربة (١٠)
كيفَ يمكنُكَ قياسُ الضغطِ الجوّي ؟

يُطلَقُ على الجهازِ الذي يُستَخدَمُ لقياسِ الضغطِ الجوّي للهواءِ اسمُ المرواز أو البارومتر وتوجدُ أنواعٌ عديدةٌ من المراويز أحدُها هو المروازُ الزئبقيُّ وبإمكانِكَ عملَ مروازٍ زئبقيٍّ بسيطٍ بنفسِكَ وكلُّ ما تحتاجُهُ لعملِ هذا المروازِ كميةٌ من الزئبقِ وأنبوبةٌ زجاجيةٌ مفتوحةٌ من طرفٍ واحدٍ طولها حوالي ٨٠ سم ووعاءٌ صغيرٌ للزئبقِ ومسطرةٌ وحاملٌ لتثبيتِ الجهازِ . وإذا لم تتوفر لديكَ أنبوبةٌ مفتوحةٌ من طرفٍ واحدٍ يمكنُكَ استعمالُ أنبوبةٍ مفتوحةِ الطَّرفينِ وإغلاقُ أحدِ طرفيها بعد تسخينِها على نارٍ قويّةٍ .

إنتبهْ إلى أنَّ الزئبقَ مادّةٌ سامّةٌ واحرِصْ على حفظِهِ بعيداً عن متناولِ الأطفالِ الصغارِ وعدمِ تلوّثِ المأكولاتِ أو المشروباتِ به . وحافِظْ عليه من الانسكابِ لأنّه ثقيلٌ وسريعُ الانسكابِ

إملأْ الأنبوبةَ الزجاجيةَ المفتوحةَ من طَرَفٍ واحدٍ بالزئبقِ .

استعمل لهذا الغرضِ قمعاً صغيراً واجعلِ الأنبوبةَ في وضعٍ مائلٍ لتسهيلِ العمليةِ . (شكل ١٤ ـ أ)

اغلق فوهةَ الأنبوبةِ بعد امتلائِها بالزئبقِ بطرفِ إصبعِكَ ثم اقلبْها في حوضِ زئبقٍ بحيثُ ينغمرُ طرَفُها المفتوح داخلَ الزئبقَ في حوضٍ صغيرٍ . (شكل ١٤ ـ ب)

إرفع الآنَ اصبَعَكَ عن فوهةِ الأنبوبةِ مع الحرصِ على أن تبقى هذهِ الفوهةُ دائماً مغمورةً في الزئبق داخل الحوضِ ثم اجعل الأنبوبةَ في وضعٍ شاقوليّ وثبتْها مع المسطرةِ بواسطةِ الحاملِ . (شكل ١٤ ـ ج)

لقد حصلْتَ الآنَ على مرواز زئبقٍ بسيطٍ تستطيعُ بواسطتِه قياسَ الضغطِ الجوي . أي قياسَ ضغطِ الهواءِ في الجوِّ . وارتفاع عمودِ الزئبق داخلَ الأنبوبةِ فوقَ مستواه في الحوضِ يُمثلُ الضغطَ الجويَّ . ويمكنُكَ قياسُ الارتفاعِ بواسطةِ المسطرةِ . فإذا كان ارتفاعُ عمودِ الزئبق ٧٤ سم فإنَّ الضغطَ الجويَّ هو ٧٤ سم زئبق . أي أنَّ ضغطَ الهواءِ يساوي ضغطَ عمودٍ من الزئبق ارتفاعهُ ٧٤ سم . وتعليلُ ذلك أنَّ ضغطَ الهواءِ على سطحِ الزئبقَ في الحوضِ هو الذي يدفعُ عمودَ الزئبق في داخلِ الأنبوبةِ إلى أن يصبحَ ضغطُ الهواءِ مساوياً لضغطِ عمودِ الزئبق .

سوفَ تلاحظُ أنَّ ارتفاعَ عمودِ الزئبقَ يختلفُ من وقتٍ إلى آخر مما يدلُّ على أنَّ الضغطَ الجويّ يتغيّرُ من وقتٍ إلى آخرَ . ولو أتيحَ لكَ قياسُ الضغطِ الجوّي في أماكنَ مختلفةٍ لوجدْتَ أنّ الضغطَ الجويّ يتغيَّرُ من مكانٍ إلى آخرَ وهو يقلُّ كلما ارتفعنا عن مستوى سطح البحر



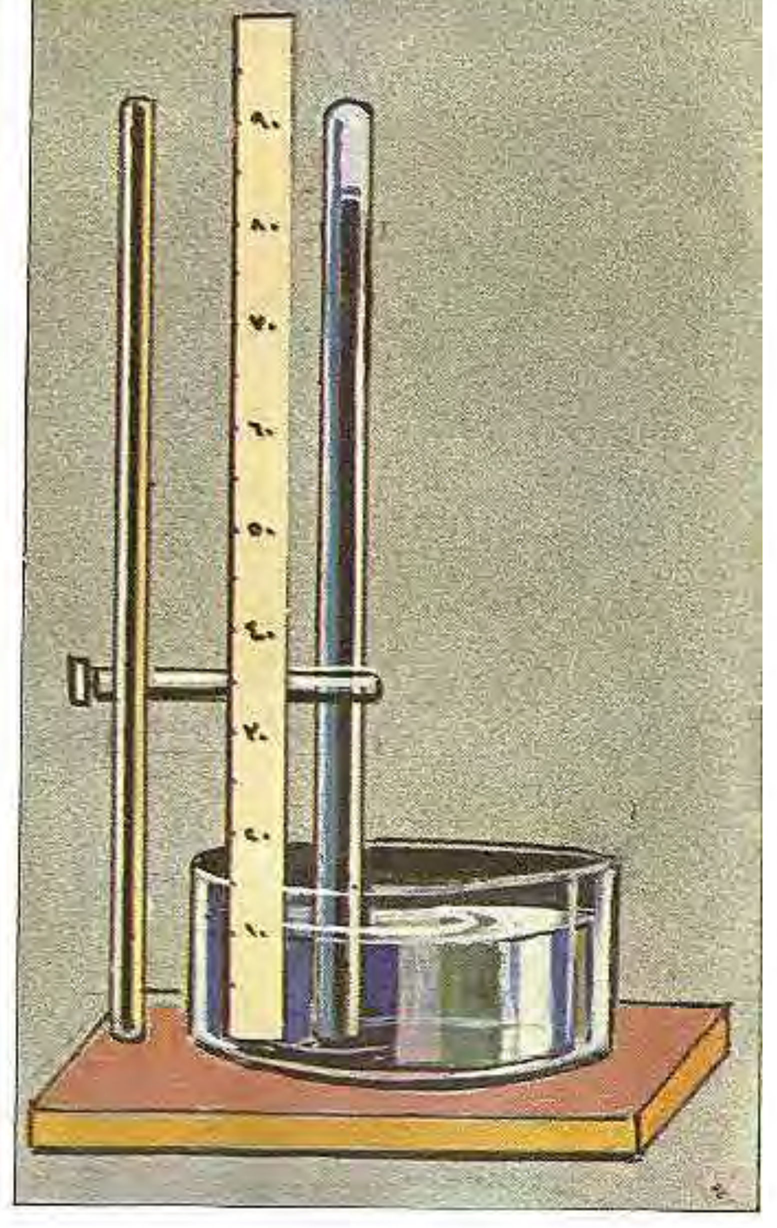
شكل (١٤ ـ أ)

وانتقلنا إلى المناطقِ الجبليةِ العاليةِ .

إنَّ الضغطَ الجويَّ عند مستوى سطحِ البحرِ يساوي ٧٦ سم زئبق وهو يقلُّ بمقدارِ ١ سم زئبق لكل ١٢٠ متراً من الارتفاع .



شكل (١٤ ـ ب)



شكل (١٤ ـ ج)

كيف تقاوم أجسامنا ضغط الهواء ؟

إنَّ الضغطَ الذي يُسلِّطُهُ الهواءُ على أجسامِنا عندَ مستوى سطحِ البحرِ والمستوياتِ القريبةِ من ذلكَ يساوي وزنَ حوالي ١ كغم لكلِّ سنتمترٍ مُربعٍ واحدٍ من الجسم أي حوالي ١٠ نيوتن لكلِ ١ سم ٢ (النيوتن وحدة الوزن وتساوي وزنَ حوالي ٠.١ كغم) ومعنى ذلك أنَّ الانسان يحمل فوق رأسِهِ عموداً من الهواء ثقلُهُ حوالي نصفُ طنٍ . وأنَّ القوةَ الكليةَ التي يُسلِّطُها الهواءُ على الجسمِ بأكملِه تساوي حوالي ١٠ أطنانٍ . فكيفَ لا نشعرُ بوطأةِ هذا الثقلِ وهذهِ القوةِ ؟ ولماذا لا يتهشمُ جسمُنا تحت وطأةِ هذهِ القوة ؟

لاحِظْ ورقةً خفيفةً تمسكُها في يدك في وضعٍ أفقيّ . (شكل ١٥) كيفَ تستطيعُ تحمُّلَ ثقل الهواءِ من فوقِها ؟ لعلكَ تُدرِكُ أنَّ الهواء لا يضغطُ فقطْ من أعلى إلى أسفل على الورقةِ بل يضغطُ أيضاً من أسفلَ إلى أعلى . وبذلكَ تتعادل القوة تقريباً من الجهتين .

والشيءُ نفسُهُ ينطبقُ على جسمِ الإنسانِ فالهواءُ يضغطُ على الجسمِ من جميعِ الجهاتِ ولذلك لا نشعرُ بثقلِهِ . (شكل ١٦) أما سببُ عدمِ تهشمِ الجسمِ فيُعزى إلى وجود ضغطٍ في داخلِ الجسم من الأوعيةِ الدمويةِ وفي التجاويفِ الموجودةِ داخلَ الجسمِ وهذا الضغطُ يُعادلُ الضغط الخارجيَّ لاحِظْ أيضاً لهذا الغرض صفيحةً رقيقةً فارغةً فهي الأخرى لا تتهشمُ لأنَّ ضغطَ الهواء في داخلها يُعادل ضغط الهواءِ من الخارج .

تذكرْ ما يحدثُ لمتسلقي الجبالِ عندما يصلون إلى ارتفاعاتٍ كبيرةٍ حيثُ يبدأ الدمُ يتدفقُ من الأنف ومن بين الأصابع ومن بين المناطقِ الرقيقة الأخرى لأنَّ الضغطَ من داخلِ الجسم ومن الاوعية الدموية يصبحُ في هذهِ الارتفاعاتِ أكبرَ من ضغطِ الهواءِ من الخارجِ .

شكل (١٥)



شكل (١٦)

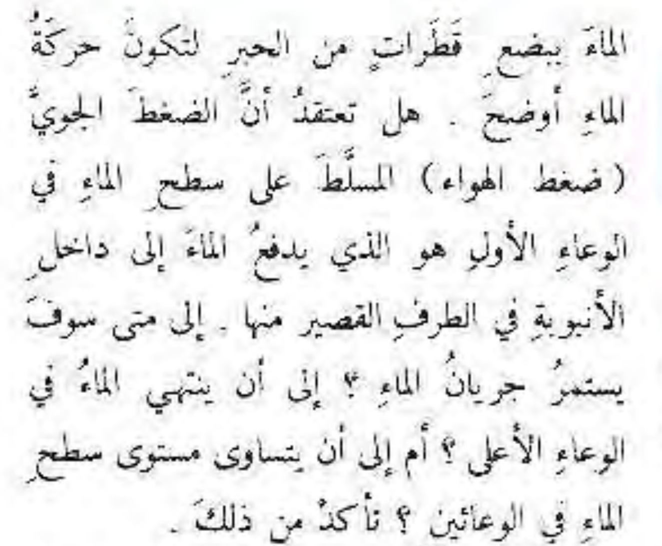




تجارب
على السيفون

تجربة (١١)
كيفَ يعملُ السيفونُ ؟

خُذْ أنبوبةً زجاجيةً مطويَّةً على شكلِ حرفِ « ل » وإذا لم تتوفَّرْ لديكَ مثلُ هذهِ الأنبوبةِ تستطيعُ تسخينَ أنبوبةٍ زجاجيةٍ عاديةٍ على نارٍ قويةٍ وإحنائها لتأخذَ هذا الشكلَ . (شكل ١٧) يمكنُكَ الاستعاضةُ عن الأنبوبةِ الزجاجيةِ بأنبوبةٍ مطاطيةٍ أو أنبوبةٍ معدنيةٍ أيضاً (إن الأنبوبةَ الزجاجيةَ تتميزُ بأنَّكَ تستطيعُ رؤيةَ ما يجري في داخلِها) . خُذْ الآنَ وعائينِ أحدُهما يحتوي على الماءِ والآخرُ خالٍ من الماءِ . ضَعِ الوعاءَ الأولَ فوقَ سطحِ المنضدةِ وضَعِ الثاني على الأرضِ . إملأْ الأنبوبةَ الزجاجيةَ بالماءِ أيضاً واغلقْ طَرَفيها بطَرَفي أصابعِ يديكَ ثم اقلبْها فوقَ الوعائينِ بحيثُ تنغمرُ نهايةُ الطرفِ القصيرِ في الماءِ داخلَ الوعاءِ الموضوعِ فوقَ سطحِ المنضدةِ ثمَّ ارفعْ أصابعَكَ عن طَرَفي الأنبوبةِ ماذا تُلاحِظُ ؟ هل بدأ الماءُ يجري من الحوضِ الأعلى إلى الحوضِ الأسفلِ ؟ لوِّنِ



الماءَ بيضعِ قَطَراتٍ من الحبرِ لتكونَ حركَةُ الماءِ أوضحَ . هل تعتقدُ أنَّ الضغطَ الجويَّ (ضغط الهواء) المسلَّطَ على سطحِ الماءِ في الوعاءِ الأولِ هو الذي يدفعُ الماءَ إلى داخلِ الأنبوبةِ في الطرفِ القصيرِ منها . إلى متى سوفَ يستمرُّ جريانُ الماءِ ؟ إلى أن ينتهي الماءُ في الوعاءِ الأعلى ؟ أم إلى أن يتساوى مستوى سطحِ الماءِ في الوعائينِ ؟ تأكدْ من ذلكَ .

هذا الجهازُ يسمى (السيفون) . هل تستطيعُ أن تفكرَ باستعمالاتٍ مفيدةٍ للسيفون ؟

شكل (١٧)



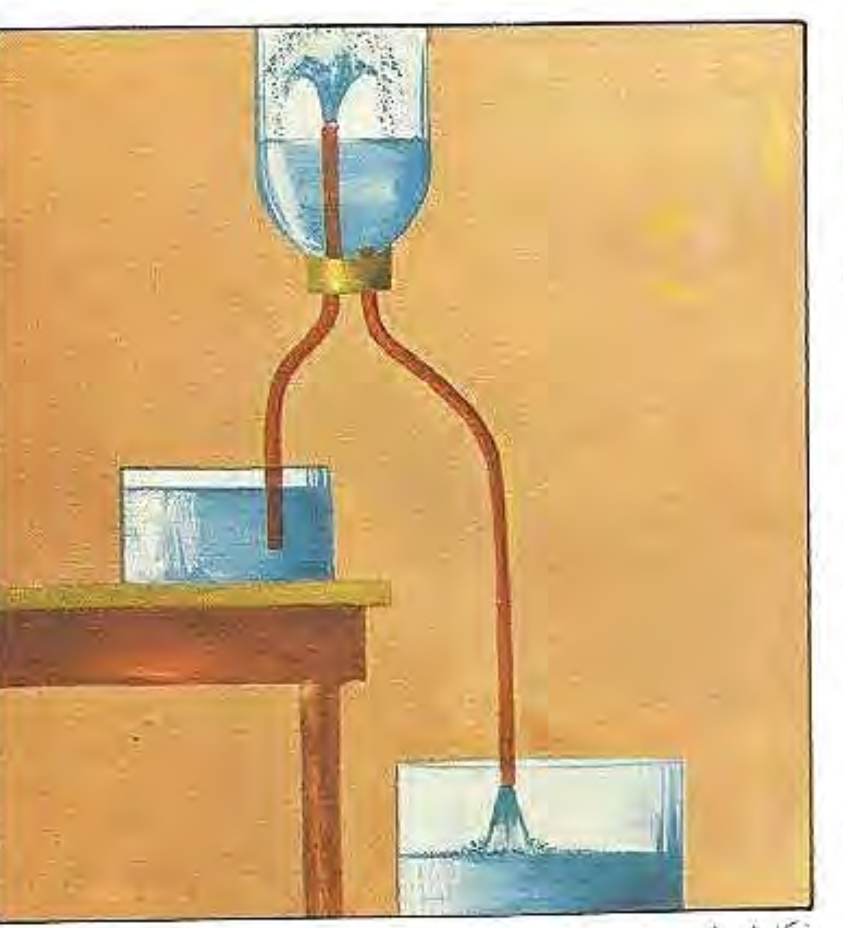


تجربة (١٢)
كيفَ تعملُ النافورةُ السيفونيةُ ؟

خُذْ قنينةً زجاجيةً ذاتَ فوهةٍ كبيرةٍ نسبياً وثبّتْ في فوهتِها سدّاداً محكماً فيه ثقبان . أَدْخِلْ في أحدِ الثقبين أنبوبةً زجاجيةً أو معدنيةً ذاتَ نهايةٍ ضيّقةٍ مدبّبةٍ بحيثُ تكونُ هذه النهايةُ في الداخل وتنتهي عند حوالي منتصفِ الدورق وصِلِ النهايةَ الأخرى للأنبوبةِ بأنبوبٍ مطاطيٍّ طولُه حوالي ٢٠ سنتمتراً . أدخِلْ في الثقبِ الآخرِ أنبوبةً قصيرةً أخرى زجاجيةً أو معدنيةً بحيثُ تكونُ نهايتُها التي في داخلِ القنينةِ قريبةً من عنقِ القنينةِ وصِلِ الطرفَ الثانيَ لهذه الأنبوبةِ بأنبوبٍ مطاطيٍّ طولُه حوالي المترِ .

ضَعْ في القنينةِ كميةً من الماءِ إلى حوالي ثلث ارتفاعِها ثم اقلبْها بحيثُ ينتهي الأنبوبُ المطاطيُّ القصيرُ بوعاءِ ماءٍ موضوعٍ فوقَ سطحِ منضدةٍ وينتهي الأنبوبُ المطاطيّ الطويلُ بوعاءٍ فارغٍ على الأرضِ . ولاحِظْ ما يحدث . (شكل ١٨)

هل بدأ الماءُ يتدفقُ من الأنبوبةِ المدبّبةِ داخلَ القنينةِ على شكلِ نافورة ؟ هل أخذَ الماءُ ينتقلُ من الوعاءِ الأعلى الموضوعِ فوقَ المنضدةِ إلى الوعاءِ الأسفلِ الموضوعِ على الأرضِ ؟ بإمكانِكَ جعلُ النافورةِ مستمرةً بإضافةِ الماءِ باستمرارٍ إلى الوعاءِ الأعلى . أو بتفريغِ الماءِ من الوعاءِ الأسفلِ إلى الوعاءِ الأعلى باستمرار . لَوِّنِ الماءَ ببضعِ قطراتٍ من الحبرِ لتكونَ النافورةُ ملونةً . يُطلَقُ على هذهِ النافورةِ اسمُ (النافورةِ السيفونيةِ) لأنها تعملُ على قاعدةِ السيفون .



شكل (١٨)

تجارب على الهواء في أجسامنا

تجربة (١٣)
كيفَ تعملُ الرئتانِ في جسمنا ؟

عمليةُ التنفس تتمُّ في مرحلتين : مرحلةُ الشهيقِ التي يدخلُ الهواءُ خلالها إلى داخلِ الرئتين ثم مرحلةُ الزفيرِ ويتم خلالها طردُ الهواءِ من الرئتين إلى الخارج . فهلْ فكَّرتَ كيفَ تتمُّ هذه العمليةُ ؟ كيف تعملُ الرئتان في جسمنا ؟ حاولْ إذن إجراءَ هذه التجربة وتطبيقَ نتائجها على ما يجري في جسمك . خُذْ ناقوساً زجاجياً يحتوي على فتحة صغيرة في نهايته العليا إضافةً إلى فوهتِهِ المفتوحةِ من الطَّرَف العريض . إذا لم تستطعْ الحصولَ على مثلِ هذا الناقوسِ إستعمل قنينةً زجاجيةً اعتياديةً بعد قصِّ قعرها وذلك بخدشِ جدارِ القنينةِ بواسطةِ قاطعةِ الزجاجِ بالقُرْبِ من قَعْرِها ولُفَّ القنينةَ بشريطٍ من ورقِ النَّشَّافِ المبلَّلِ عند حدودِ الخدشِ ثم تسخينِ القعرِ بوضعِهِ في ماءٍ حارٍّ أو إمرارِ لهبٍ ضعيفٍ حولَ الخدشِ . يجبُ تنعيمُ الحافاتِ المقصوصةِ بمبردٍ أو بالتسخينِ الشديدِ على نارٍ قويةٍ .

تحتاجُ أيضاً إلى أنبوبةٍ ثلاثيةٍ للتوصيلِ على شكل ⅄ وتحتاج أيضاً إلى منطادين مرنين أو كيسين من أكياسِ النايلون الرقيقةِ وغشاءٍ مطاطيٍّ . (شكل ١٩)

ثبّتْ سدّاداً محكماً في الفتحةِ الصغيرةِ من الناقوس . أدخلِ الطرفَ الطويلَ من أنبوبةِ التوصيلِ من ثقبٍ في السدّادِ . ثم ثبِّتْ المنطادين أو كيسي النايلون في طرفي أنبوبةِ التوصيلِ . ثبِّتْ الغشاءَ المطاطيَّ فوقَ الفوهةِ العريضةِ للناقوسِ كما في الشكلِ وثبِّتْ خيطاً أو حلقةً في وسطِ الغشاءِ بواسطةِ مادَّةٍ لاصقةٍ . والآن اسحبِ الغشاءَ بواسطةِ الخيطِ أو الحلقةِ إلى الأسفلِ . ماذا يحدثُ للكيسين في داخلِ الناقوس ؟ هل تعتقدُ أنهما قد انتفخا ؟

هل يعني ذلك بأن الهواءَ قد دخلَ إليهما من الخارج ؟ هل يمكن مقارنةُ ذلكَ بعمليةِ الشهيقِ في جسمِ الإنسانِ التي تحدثُ في الرئتين ؟ هل تؤكد أن عملَ الحجابِ الحاجزِ في جسمِ الإنسان يماثلُ عملَ الغشاءِ المطاطيِّ في هذه التجربة ؟

والآنَ ادفعِ الغشاءَ المطاطيَّ إلى الأعلى ، ماذا يحدث الآن ؟ هل تقلَّصَ حجمُ الكيسين داخلَ الناقوسِ ؟ هلْ يَدُلُّ ذلك على أنَّ الهواءَ قد طُرِدَ الآنَ من داخلِ الكيسينِ إلى الخارج ؟ هل يمكنُ مقارنةُ ذلكَ بعمليةِ الزفير ؟ كرِّرِ العمليةَ بضعَ مرّاتٍ بتحريكِ الغشاءِ المطاطيِّ إلى الخارجِ والداخلِ ولاحِظْ حركةَ الكيسين كذلكَ حاولْ تقريبَ طَرَفِ اصبعك من الفوهةِ الخارجيةِ لأنبوبةِ التوصيلِ واستشعرْ حركةَ الهواءِ في دخولِهِ وفي خروجِهِ . والآنَ هل تعرفُ لماذا يدخلُ الهواءُ إلى الكيسين عند سَحْبِ الغشاءِ المطاطيِّ إلى الخارج ؟ هل سيتخلخلُ الضغطُ داخلَ الناقوسِ حولَ الكيسين في هذه الحالة ؟ وهل يؤدي ذلك إلى تغلُّبِ ضغطِ الهواءِ الخارجي واندفاعهِ إلى الداخلِ ليملأَ الكيسين ؟ وهل يحدثُ العكسُ عند دفعِ الغشاءِ المطاطي إلى الداخل ؟

هل سيؤدي ذلك إلى زيادةِ الضغطِ للهواءِ في داخلِ الناقوس حولَ الكيسين بما يجعلُه يتغلبُ على ضغطِ الهواءِ في داخِلِ الكيسين ؟



شكل (١٩)

تجربة (١٤)
ما هو حجمُ الهواءِ في الرئتين ؟

إملأْ قنينةً زجاجيةً كبيرةَ الحجمِ نسبياً بالماءِ واقلبها في حوضِ ماءٍ بحيثُ تكونُ فوهتُها مغمورةً في الماء . ثم أدخلْ طرفَ أنبوبةٍ إلى داخلِ القنينةِ . خُذْ شهيقاً عميقاً بأعمقِ ما تستطيعُ ثم انفخْ من الطرفِ الثاني من الأنبوبةِ بقدْرِ ما تستطيعُ أيضاً محاولاً إخراجَ أقصى ما تستطيعُ من الهواءِ من رئتيك . (شكل ٢٠) سوف يدخلُ هذا الهواءُ إلى داخلِ القنينةِ . حاولْ الآنَ تحريكَ القنينةِ إلى أعلى وأسفل داخلَ حوضِ الماءِ إلى أن يُصبحَ مستوى الماءِ واحداً في داخلِ وخارجِ القنينةِ . أشّرْ مستوى الماءِ في القنينةِ بلصقِ قطعةِ ورقٍ على جدارِها . وبعدَ ذلكَ احسبْ حجمَ الهواءِ الذي دخلَ إلى القنينةِ بملءِ القنينةِ بالماءِ إلى نفسِ المستوى المؤشّرِ وقياسَ حجمِ الماءِ بواسطةِ اسطوانةٍ مُدرَّجة .

إنَّ حجمَ الهواءِ الذي توصلتَ اليه لا يمثلُ حجمَ الهواءِ الموجودِ في الرئتين بأكمله لأنَّ الهواءَ لا يخرج بأكمله من الرئتين خلالَ عمليةِ الزفير . ولكنكَ توصلتَ على الأقل إلى كميةِ الهواءِ التي تدخلُ أو تخرجُ خلالَ عمليةِ التنفس . وهذه الكميةُ تختلفُ من شخصٍ إلى آخرَ وباختلافِ العمر . ومتوسطُ هذه الكميةِ هو حوالي ٥٠٠ سنتمتر مكعب . قارنْ ذلك بما توصلتَ إليه بالنسبةِ لرئتيكَ من خلالِ هذهِ التجربة .



شكل (٢٠)



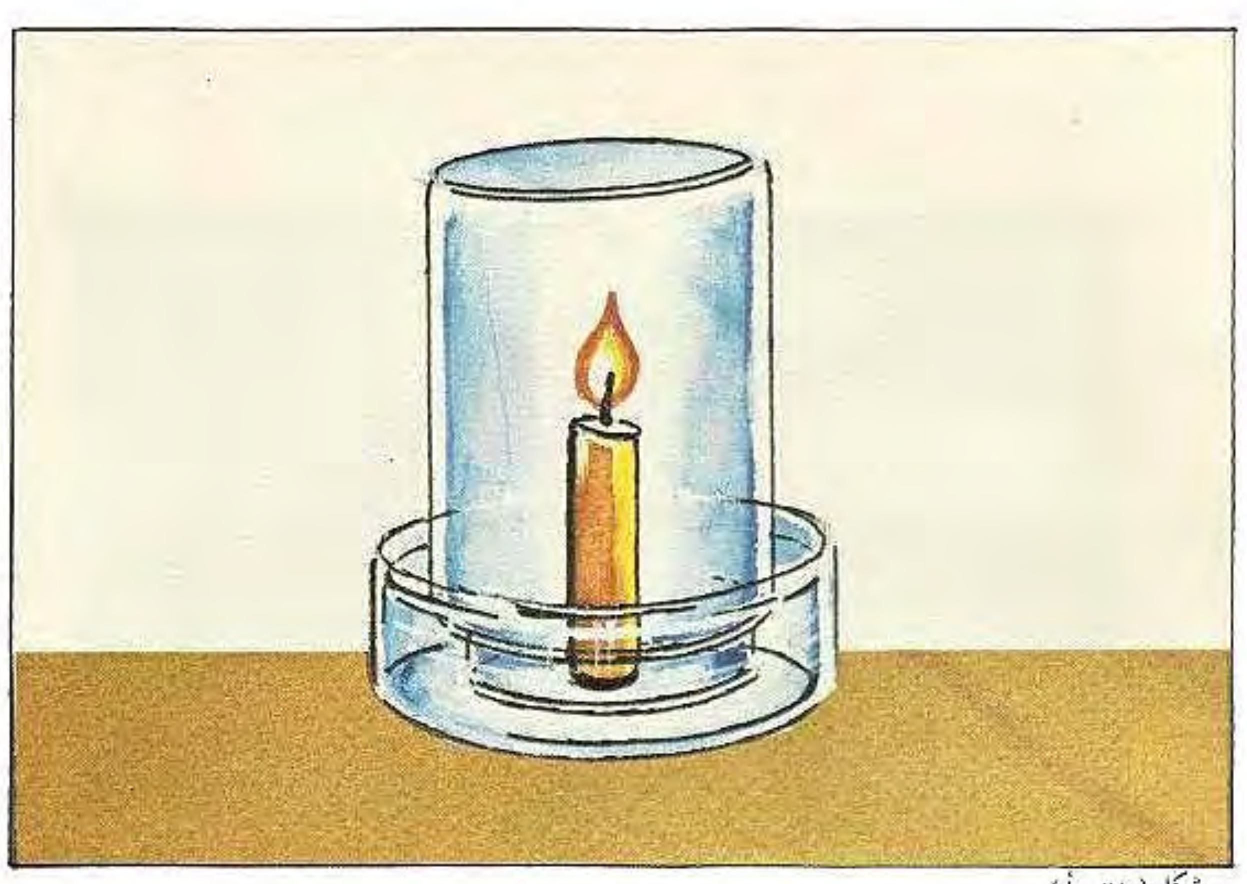


تجربة (١٥)
ما هي نسبة الأوكسجين في الهواء ؟

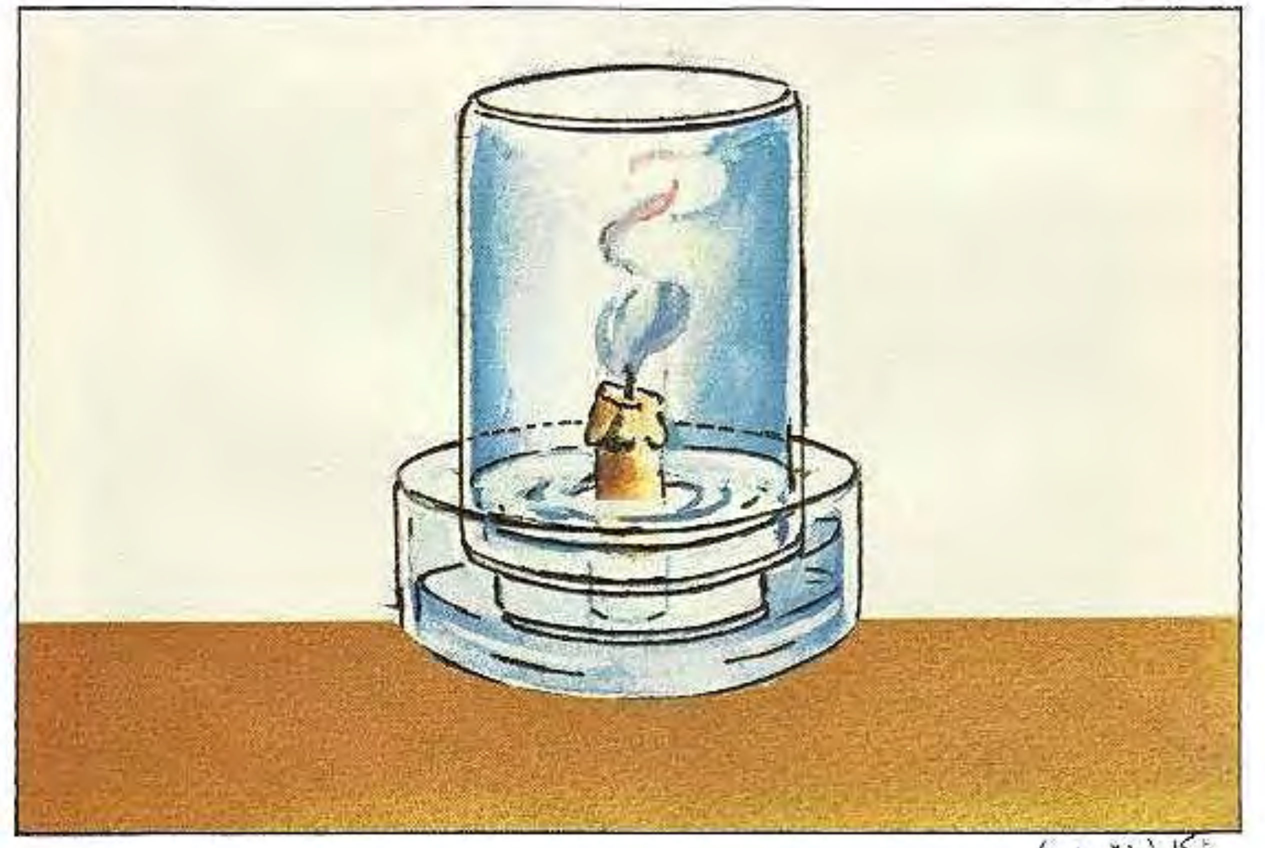
ثَبِّتْ شمعةً طويلةً نسبياً على قعرِ حوضٍ بواسطةِ الشمعِ المنصهرِ . (شكل ٢١ ـ أ) ثم ضعْ كميةً كافيةً من الماءِ في الحوضِ واشعلِ الشمعةَ ثمَّ اقلبْ فوقَها اسطوانةً زجاجيةً مدرَّجةً ذاتَ جوانبَ مستقيمةٍ . انتظرْ فترةً مناسبةً إلى أن تنطفئَ الشمعةُ . (شكل ٢١ ـ ب) هل يرتفعُ الماءُ داخلَ الاسطوانةِ المدرَّجةِ ؟ لماذا انطفأتِ الشمعةُ ؟ ألا تعتقدُ بأنَّ احتراقَ الشمعةِ قد استنفد الأوكسجينَ الموجودَ في داخلِ الاسطوانةِ المدرَّجةِ ؟ ألا تعتقدُ بأنَّ كميةَ الماءِ التي ارتفعتْ في داخلَ الاسطوانةِ تُمثِّلُ حجمَ الأوكسجينِ الذي كانَ موجوداً في داخلَ الأسطوانةِ ؟

استفدِ الآنَ من التدريجاتِ الموجودةِ على الأسطوانةِ أو استعملْ مسطرةً لمعرفةِ ارتفاعِ الماءِ في داخلِ الأسطوانةِ فوقَ مستوى الماءِ في الحوضِ . وقارنْ ذلكَ بارتفاعِ عمودِ الهواءِ الأصليّ داخلَ الأسطوانةِ . هلْ وجدْتَ أنَّ ارتفاعَ الماءِ يساوي حوالي $\frac{١}{٥}$ ارتفاعِ عمودِ الهواءِ ؟ هلْ يدلُّ ذلكَ على أنَّ نسبةَ الأوكسجينِ في الهواءِ تساوي حوالي $\frac{١}{٥}$ الهواءِ .

لاحِظْ في هذهِ التجربةِ بأنَّ حجمَ غازِ ثاني أوكسيدِ الكاربونِ الناتجِ من احتراقِ الشمعةِ هو حجمٌ ضئيلٌ بالقياسِ إلى حجمِ الأوكسجينِ المُستهلَكِ ويمكنُ إهمالهُ في هذهِ التجربةِ .



شكل (٢١ ـ أ)



شكل (٢١ ـ ب)

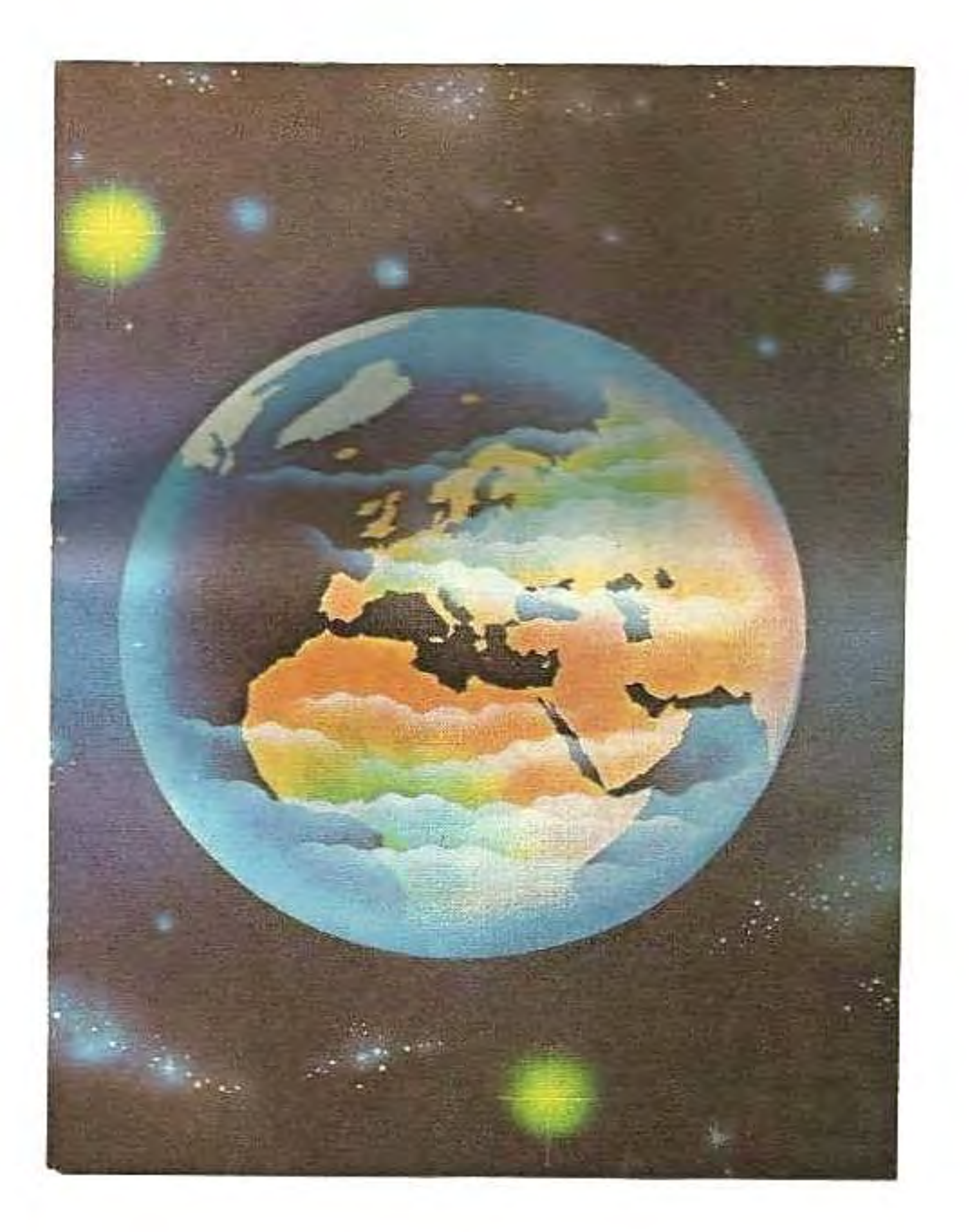
الهواء والحياة

يُشكّلُ الهواءُ غِلافاً يحيط بالكرةِ الأرضيةِ سُمْكُه يزيدُ على ١٠٠٠ كيلومتر . والهواءُ مزيجٌ من غازاتٍ عديدةٍ أحدُها هو الأوكسجين الذي يشكل حوالي ٢١ ٪ من مكوناتِ الهواءِ كما عرفنا من التجربة ١٥ السابقة . ويُشكّلُ النيتروجينُ حوالي ٧٨ ٪ من مكوناتِ الهواء . وما تبقى من الهواء يشتمل على غازاتٍ عديدةٍ منها غازُ ثاني أوكسيد الكاربون وغازُ الاركون وغازُ النيون وغازاتٌ وأبخرةٌ أخرى .

ويُعتبرُ الهواءُ حيوياً لحياةِ الانسانِ وحياةِ بقيةِ الكائناتِ الحيّةِ من حيواناتٍ ونباتاتٍ وهي لا تستطيعُ العيشَ طويلاً بدونه . وحتى الحيواناتُ والنباتاتُ التي تعيشُ في الماءِ فهي تأخذُ حاجتَها منه (من الهواءِ المُذابِ في الماء) . كذلك ما يعيشُ منها في التربة يعتمدُ على الهواءِ الموجودِ في المسامات وفي الفجواتِ داخلَ التربة .

وتحتاجُ كافةُ الكائناتِ الحيّةِ إلى الأوكسجين في عمليةِ التنفسِ ويُستخدَمُ هذا الأوكسجينُ داخلَ الجسمِ في عمليةِ احتراقٍ بطيئةٍ يكونُ الغذاءُ بمثابةِ الوقودِ لها وينتُجُ عن ذلكَ طاقةٌ على شكلِ حرارةٍ وهي الطاقةُ التي يحتاجُها الجسمُ للحركةِ ولكافةِ العملياتِ الحيويةِ التي تجري داخلَ الجسم . وتحتاجُ النباتاتُ الخضراءُ إلى ثاني أوكسيدِ الكاربونِ لتوليدِ الغذاءِ في (عمليةُ التمثيل الضوئي) والتي تتم في ضوءِ الشمس . أما النيتروجينُ فهو الآخرُ عنصرٌ مهم في غذاءِ النباتات .

وهكذا يتضحُ بأنَّ مكوناتِ الهواءِ تعتبرُ حيويةً جداً للحياة وبدونها لا تستطيعُ الكائناتُ الحيةُ من البقاء . ويجبُ أن نحرصَ على نقاوةِ الهواء وعدمِ تعريضهِ للتلوثِ وبذلك نضمن أحَدَ عناصرِ الحياةِ المهمّة .



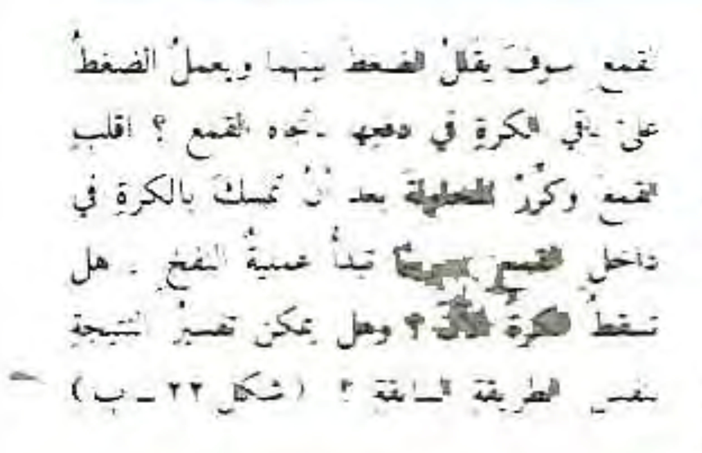
تجارب
على ضغط
الهواء المتحرك

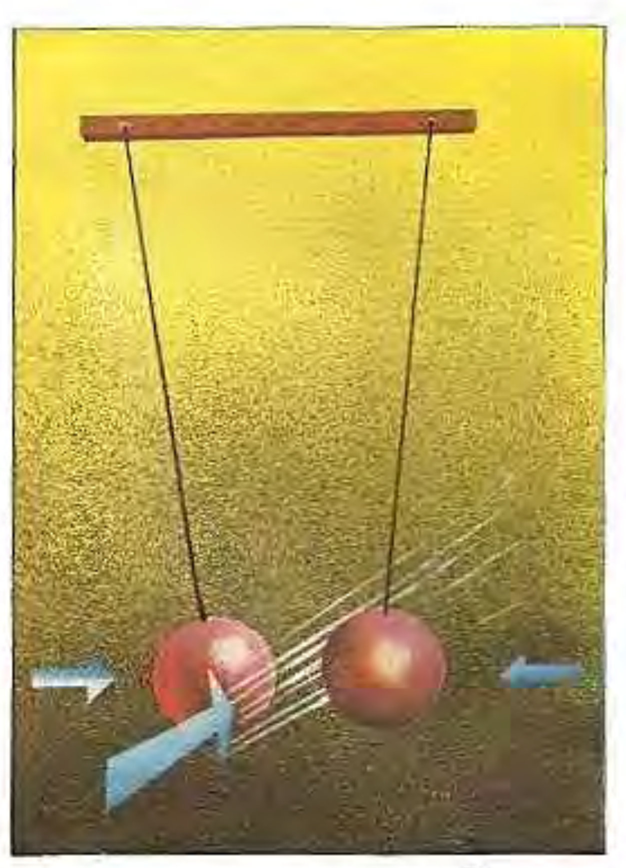
تجربة (١٦)
هل يتغيّر ضَغطُ الهواءِ بزيادةِ سُرعته ؟

١٦ (أ) ـ علّقْ كرتين متماثلتين خفيفتين متساويتين طولُ كلٍّ منهما ١٠٠ سم بحيثُ تكونُ المسافةُ بينهما حوالي ١٠ سم وتأكدْ بأنَّ الكرتين في مستوىً واحدٍ (شكل ٢٢ ـ أ) أنفخ بقوّة بين الكرتين بحيثُ يجري بينهما تيارٌ سريعٌ من الهواءِ . لاحِظِ النتيجةَ . هل ستتباعدُ الكرتانِ عندَ النفخِ كما يتبادرُ للذهنِ لأول مرّةٍ أم أنهما على عكسِ ذلك سوفَ تتقاربان ؟ هل يَدُلُّ ذلك على أنَّ زيادَةَ سرعةِ الهواءِ بين الكرتين قد قلَّلَ ضغطَ الهواءِ بينهما ؟

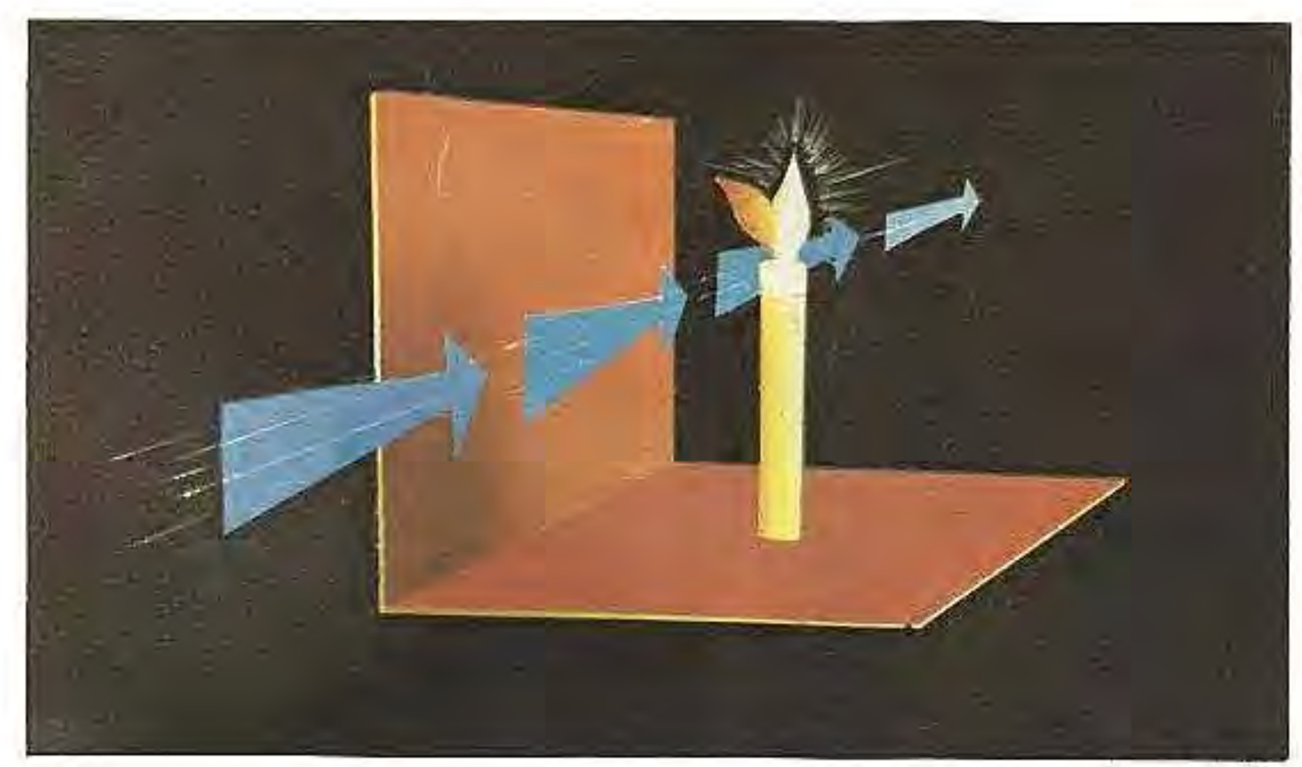
وبذلك أصبحَ الضغطُ بين الكرتين مُتخلخلاً وأقلَّ من الضغطِ الخارجيِّ المُسلّطِ على الكرتين ؟

١٦ (ب) ـ ضَعْ كرةَ منضدةٍ في داخلِ قُمْعٍ فوهتهُ إلى أعلى وانفخْ من أنبوبةِ القمعِ بقوّةٍ هل ستخرجُ الكرةُ من القمعِ ؟ هل تعتقدُ بأنَّ تيارَ الهواءِ الذي سوفَ يمرُّ بين الكرةِ وجدرانِ


القمعِ سوفَ يقلِّلُ الضغطَ بينهما ويعملُ الضغطُ على باقي الكرةِ في دفعها تجاه القمع ؟ اقلبِ القمعَ وكرّرْ المحاولةَ بعد أنْ تمسكَ بالكرةِ في داخلِ القمعِ حتى تبدأُ عمليةُ النفخِ . هل تسقطُ الكرةُ الآن ؟ وهل يمكن تفسيرُ النتيجةِ بنفسِ الطريقةِ السابقة ؟ (شكل ٢٢ ـ ب)


شكل (٢٢ ـ أ)


شكل (٢٢ ـ ب)



شكل (٢٢ – ج)

١٦ (ج) – ثبّتْ شمعةً مشتعلةً بالقربِ من حاجزٍ مكوّنٍ من ورقٍ سميكٍ وعلى بعد حوالي ٥ سم منه ثم إنفخ بقوة بين الشمعةِ والحاجزِ ولاحِظْ حركةَ لهبِ الشمعةِ . هل يتحركُ اللهبُ باتجاه الحاجزِ ؟ لماذا ؟ هل يَدُلُّ ذلكَ على أنَّ ضغطَ الهواءِ بين الشمعةِ والحاجزِ قد نقصَ عند النفخ ؟ (أي عند زيادةِ سرعةِ الهواءِ في هذه المنطقة) . (شكل ٢٢ – ج)

١٦ (د) – خُذْ شريطاً من الورقِ طولُه حوالي ٣٠ سم وعرضه حوالي ٤ سم واطوِهِ من أحدِ طرفيه بعرض ٤ سم امسكِ الشريطَ بيدِكَ من طيّته بالقرب من فمك وانفخ بقوّة فوقَ الطيّة . ماذا تلاحظ ؟ هل يرتفعُ شريطُ الورقِ إلى أعلى ؟ ولماذا ؟ هل تعتقدُ على ضوءِ التجاربِ السابقةِ بأنَّ زيادةَ سرعةِ الهواءِ فوقَ الشريطِ قد قلّلَ من ضغطِ الهواءِ فوقَه وبذلك تغلّبَ الضغطُ المسلّطُ على أسفلِ الورقةِ ورَفعَها ؟ (شكل ٢٢ – د) .

بإمكانِكَ إجراء تجاربَ كثيرةٍ مماثلة تؤيدُ لكَ جميعُها بأنَّ ضغطَ الهواءِ سوفَ يقلُّ بزيادةِ سرعته . وإذا كنتَ ما تزالُ مهتماً بمسألةِ طيرانِ الطائرةِ التي وردت في مقدّمة هذا الكتاب فإنَّ هذهِ التجاربَ سوفَ تساعدُكَ إلى حدٍّ كبيرٍ في معرفةِ الجوابِ . ومع ذلك فإننا نؤيدُك بأنك سوفَ تحتاجُ إلى معرفةِ أشياءَ أخرى عن شكلِ الطائرةِ وبصورةٍ خاصّةٍ عن شكلِ أجنحةِ الطائرةِ ولذلك نأملُ بأنك سوفَ تشتركُ معنا في المناقشاتِ التي سنثيرُها في الصفحاتِ التاليةِ عن هذا الموضوع .



شكل (٢٢ – د)



مِنَ الطائِرةِ الوَرَقِيَّة إلى الطائِرة ذاتِ المحَرِك

يرتفعُ المنطادُ (شكل ٢٣ ـ أ) في الهواءِ بتأثيرِ القوةِ الدافعةِ للهواءِ التي تساوي وزنَ الهواءِ الذي يزيحُهُ المنطادُ تماماً كما ترتفعُ فلينةٌ أو قطعةٌ من الخشبِ عند وضعها في داخلِ الماء وفي حالة المنطادِ يكونُ المنطادُ بما فيه من غازٍ أخفَّ من الهواءِ المزاحِ ولذلك فإن قوةَ الدفعِ إلى أعلى الناتجةَ عن الهواءِ المزاحِ تتغلبُ على وزنِ المنطاد فيرتفعُ المنطاد .

أما الطائرةُ الورقيةُ (شكل ٢٣ ـ ب) فهي أثقلُ من الهواءِ ولذلك فإن القوةَ الدافعةَ للهواءِ ليست كافيةً لرفعها وتعتمدُ في ارتفاعها على سرعة الهواء ووضعها في الهواء فهي في وضعٍ مائلٍ بزاويةٍ مناسبةٍ ومشدودةٍ بخيطٍ يجعلُها تقفُ صدمةً أمامَ الرياحِ وعند اصطدامِ الهواءِ (الرياح) بسطحها الأسفلِ يرتدُّ الهواءُ عن هذا السطحِ مُسلِّطاً قوّةً معينة عليه ويعتمد مقدارُ هذه القوةِ على سرعةِ الرياحِ ومساحة سطحِ الطائرةِ الورقية . والمركبة الشاقوليةِ لهذه القوةِ تُشكِّلُ القوةَ الرافعةَ للطائرةِ الورقيةِ وترتفع الطائرةُ الورقيةُ عندما تكونُ القوةُ الرافعةُ الناتجةُ عن حركةِ الهواءِ (الرياح) أكبرَ من وزنِ الطائرةِ .

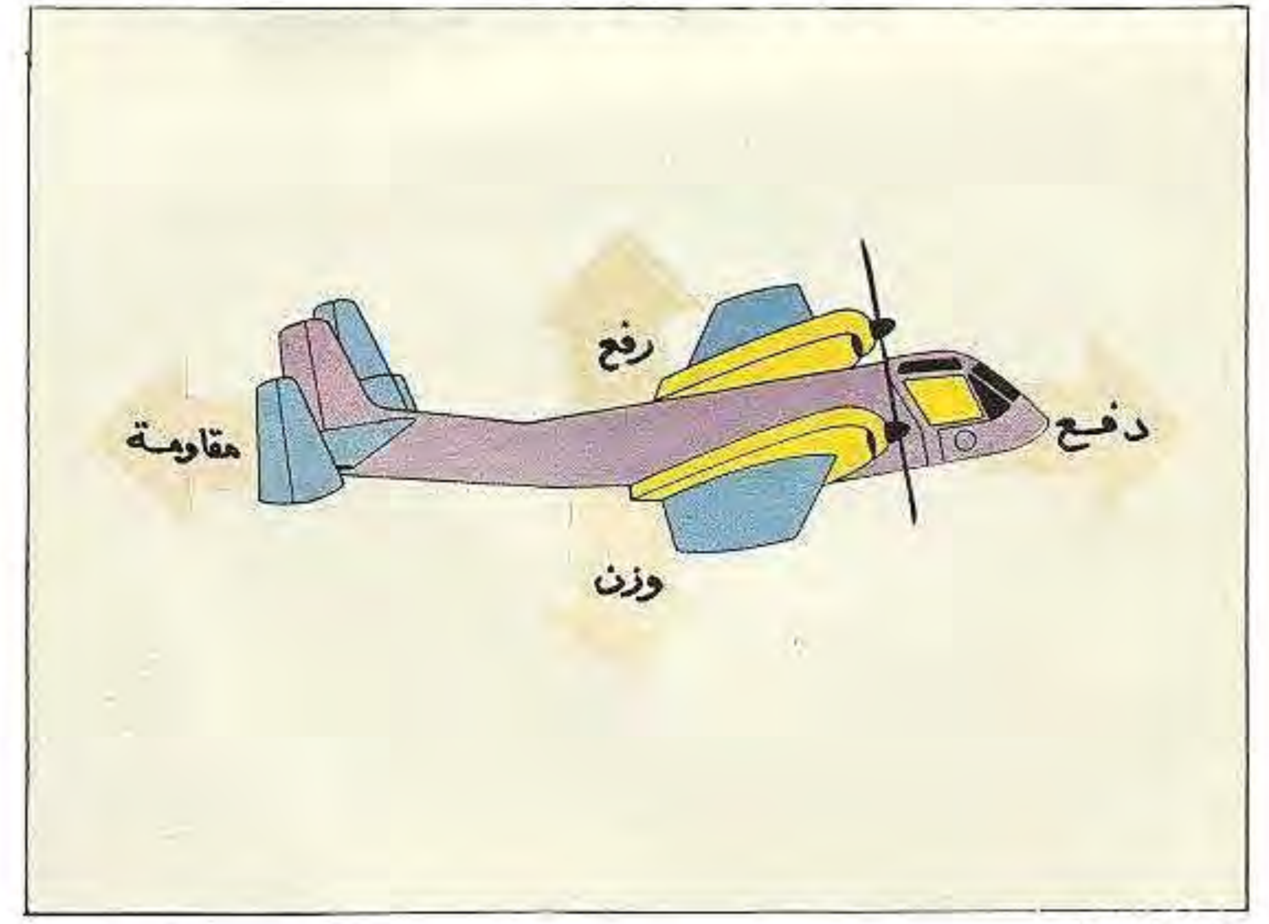




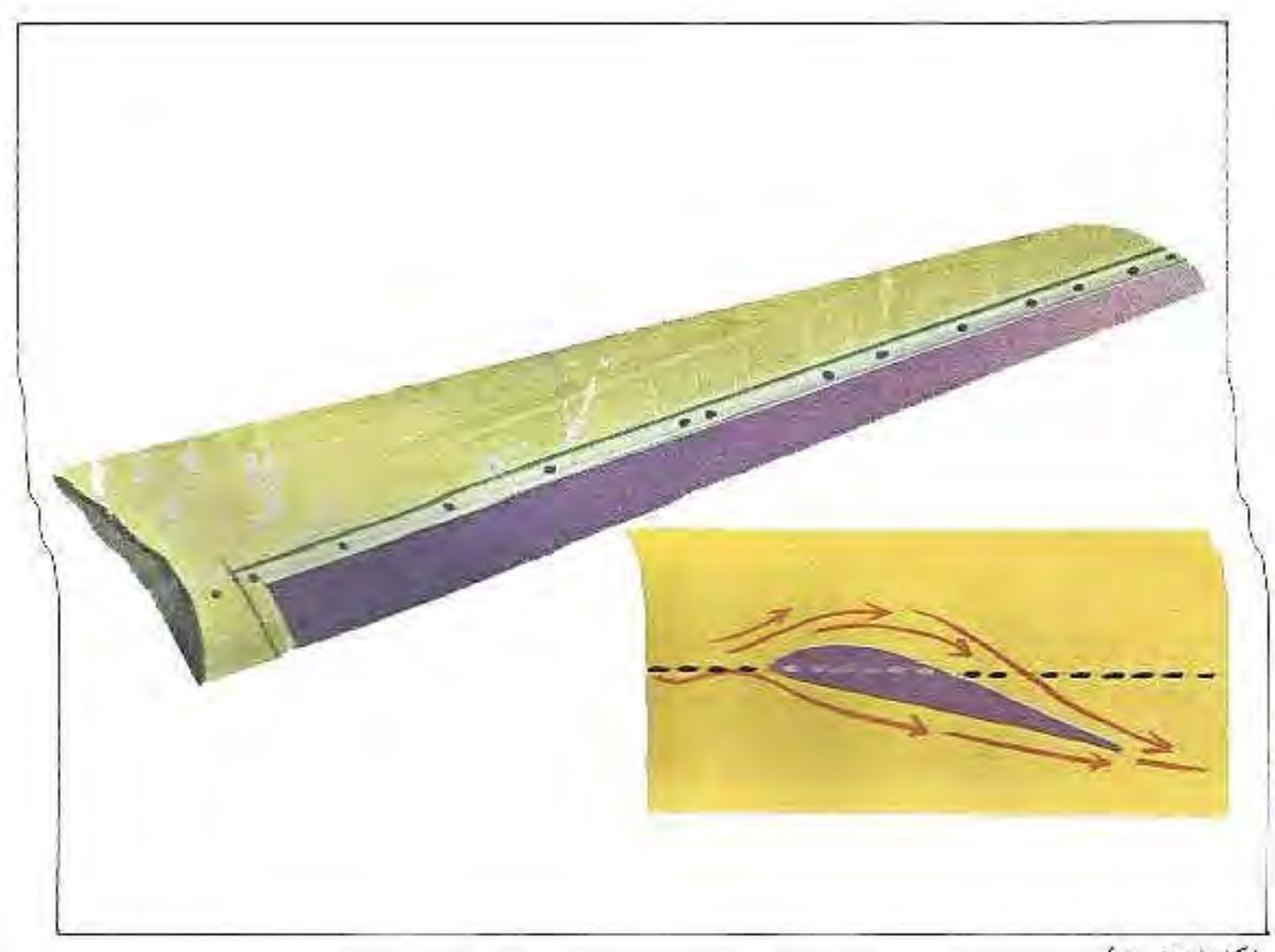
شكل (٢٣ ـ ب)

شكل (٢٣ ـ أ)

وننتقلُ الآنَ إلى الطائرةِ ذاتِ المحرِّك وهي مثلُ الطائرةِ الورقيةِ أثقلُ من الهواءِ ولذلك فإنَّ القوةَ الدافعةَ للهواءِ الناتجةَ عن الهواءِ المُزاحِ لا تكفي لرفعها وهي ضئيلةٌ بالنسبة لوزنِ الطائرة . ومن جهة أخرى فإنَّ هذه الطائرةَ لا تستطيعُ الاعتمادَ على حركة الرياحِ كالطائرة الورقية لأنَّ سرعةَ الرياحِ لا تُشكِّلُ إلا قوةً رافعةً قليلةً قد تستطيعُ رفعَ الطائرةِ الورقيةِ ولكنها لا تستطيعُ رفعَ الطائرةِ العادية . ولذلك تجهز الطائرةُ بمحرِّك يعطيها سرعةً كبيرةً إلى أمام . قد يكون المحرِّكُ ذا مروحة أو محرك نفاثٍ أو محرِّكٍ صاروخي في جميع الحالاتِ يُعطي المحرِّكُ سرعةً كبيرةً جداً إلى أمام أي أنَّ الطائرةَ هنا تعتمد على حركتها هي في الهواء وليس على حركةِ الهواءِ نفسه (شكل ٢٣ ـ ج) ولكنَّ النتيجةَ واحدةٌ وهي أنَّ الهواء سوف يصطدمُ بالطائرةِ بسرعةٍ كبيرةٍ تماماً كما تصطدمُ الرياحُ بالطائرةِ الورقيةِ ولكنَّ سرعةَ الهواءِ هنا أكبرُ بكثيرٍ والقوةَ الناتجةَ تكونُ أكبرَ أيضاً وهي تتناسبُ أيضاً مع سرعة الطائرة ومساحة الأجنحة وكذلك تعتمدُ على وضعِ الجناحِ وميَلانه . غيرَ أنَّ القوةَ الرافعةَ الناتجةَ بهذه الطريقةِ تمثل ١٥ ٪ فقط من القوةِ الرافعةِ الكلية للطائرة . فمن أين تأتي بقية القوَّة اللازمةِ لرفع الطائرة ؟



شكل (٢٣ ـ ج)



شكل (٢٣ ـ د)

تذكرِ الآنَ التجاربَ الأربع أ ، ب ، ج ، د التي أجريناها ضمن التجربة ١٦ والتي توصلنا فيها إلى نتيجة مهمَّة وهي أنَّ ضغطَ الهواءِ يقلُّ عندما تزدادُ سرعتُهُ . ولاحظ الآنَ (شكل ٢٣ ـ د) الذي يمثل مقطعاً في جناح الطائرةِ لاحِظْ كيفَ أنَّ الجناحَ قد صُمِّمَ بطريقةٍ تجعلُ سرعة الهواء فوقه أكبرَ من سرعةِ الهواء تحته فالجناح مُحدَّبٌ من أعلى ومستقيمٌ تقريباً من أسفل ولذلك فالهواءُ المارُّ فوقَ الجناح يقطعُ مسافةً أطولَ ليعبرَ الجناحَ من الهواء الذي يمُرُّ تحتَ الجناح . وإذا كان الأمرُ كذلك فإنَّ ضغطَ الهواءِ فوقَ الجناح سيكونُ أقلَّ من ضغطِ الهواءِ تحتَ الجناح والفرقُ بينهما يُولِّدُ قوَّةً رافعةً يعتمدُ مقدارُها أيضاً على مساحةِ الجناحِ وسرعةِ الهواءِ أي سرعة الطائرة . إنَّ القوةَ الرافعةَ الناتجةَ عن فرقِ الضغط على جهتَي الجناحِ تشكلُ معظمَ القوةِ الرافعةِ الكليةِ للطائرةِ وهو ما يعادل ٨٥ ٪ من القوة الرافعةِ الكلية .

هل عرفتَ الآنَ كيفَ تطيرُ الطائرةُ ؟ وما هي القوَّةُ الرافعةُ لها ؟ هناك أشياءُ أخرى كثيرةٌ تهمك أيضاً عن الطائرة وأجزائها وأنواعِها وعليك أن تتابعَ القراءةَ في كتبٍ ومصادرَ أخرى للتعرف عليها .

لعلك أيضاً قد تعرفْتَ من خلال هذا الكتابِ على أشياء كثيرةٍ تتعلقُ بالهواءِ من حولنا وذلكَ من خلالِ التجاربِ التي قدمناها لكَ فيه . ومن المؤكد أن هناكَ أشياء أخرى عن الهواءِ تستطيعُ أن تتعرفَ عليها من خلالِ التجاربِ العملية أيضاً . وثقتُنا كبيرةٌ بأنك ستواصلُ البحثَ عن مثلِ هذه التجاربِ في كتبٍ ومصادرَ أخرى . فإنَّ المعرفةَ العلمية ليس لها حدودٌ ولعلَّك تستطيعُ ابتكارَ بعضِ التجاربِ بنفسك وليس ذلك ببعيد على مَنْ يُحِبُّ المعرفةَ ويَعْشَقُ العلمَ ويُكرِّسُ وقتَهُ وجُهدَهُ في سبيله وفي سبيل خدمةِ مجتمعه وخدمةِ الانسانية عن طريقه .



